

Bursa İli Topraklarının Yarayışlı Çinko Durumu ve Bu Topraklarda Çinko Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılacak Yöntemler*

Nurşen ÖZGÜVEN** A. Vahap KATKAT***

ÖZET

Bursa ili topraklarını temsilen alınan 40 toprak örneği üzerinde 9 farklı kimyasal ekstraksiyon yöntemi uygulanarak toprakların bitkiye yarayışlı çinko içerikleri saptanmıştır.

Deneme topraklarının yarayışlı çinko miktarlarını belirlemek için kullanılan yöntemler biyolojik indekslerle yüksek korelasyonlar göstermiştir. Bu ekstraksiyon yöntemleri ile biyolojik indeksler arasındaki korelasyon katsayılarının önemine göre yöntemlerin önem sıralaması; 0.01 M HEDTA > 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA > 0.1 N HCl > 0.01 M Na₂EDTA + 1 M (NH₄)₂CO₃ > 0.01 M Na₂EDTA > 1 N NH₄OAc > 0.01 M Na₂EDTA + 1 N NH₄OAc > 0.05 NHCl + 0.025 N H₂SO₄ > 0.01 M CaCl₂ şeklinde bulunmuştur. 0.01 M HEDTA, 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 TEA, 0.1 N HCl ve 0.01 M Na₂EDTA + 1 M (NH₄)₂CO₃ yöntemleri biyolojik indekslerle yüksek korelasyonlar verdiği için, bu yöntemlerden herhangi biri Bursa ili topraklarında yarayışlı çinko miktarını belirlemek amacıyla kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerden 0.1 N HCl yöntemi biyolojik indekslerle yüksek korelasyon katsayılarını vermesi, uygulama kolaylığı ve

* Doktora tezidir.

** Dr., Bursa Gıda Merkez Araştırma Enstitüsü

*** Prof. Dr. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü

diğer yöntemlere göre daha ekonomik olması nedeni ile en uygun yöntem olarak önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Çinko, toprak, analiz

ABSTRACT

The Plant Available Zinc Status of The Soils of Bursa and The Methods Used for The Determination of Zinc Content of These Soils

Fourty representative soil samples were collected across the Bursa province and analyzed for plant available zinc content of soils by using nine extraction methods. Each soil was tested in the greenhouse for corn plant response in relation to zinc fertilization.

The methods used for predicting available zinc content of the soils exhibited a high degree of correlation with the biological indexes. According to the significances of the correlation coefficients between the methods and biological indexes the efficiency of the extractans in the assessment of available soil zinc was arranged as follow; 0.01 M HEDTA > 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA > 0.1 N HCl > 0.01 M Na₂EDTA + 1 M (NH₄)₂CO₃ > 0.01 M Na₂EDTA > 1 N NH₄OAc > 0.01 M Na₂EDTA + 1 N NH₄OAc > 0.05 NHCl + 0.025 N H₂SO₄ > 0.01 M CaCl₂. Therefore giving a high correlation coefficient between biological indexes, any of these methods (0.01 M HEDTA, 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA, 0.1 N HCl and 0.01 M Na₂EDTA + 1 M (NH₄)₂CO₃) could be proposed to determine the plant available zinc content of the soils. However 0.1 N HCl methods could be suggested as the best determination methods for assessing avability of zinc in the soil by the reason of high correlation coefficient, facilities and economicality.

Key Words: Zinc, soil, analysis

GİRİŞ

Hızla artan ülke ve dünya nüfusu, beslenme sorununun gündeme gelmesine neden olmaktadır. Yeryüzü üzerindeki tarım alanlarının da giderek daralması ile mevcut tarım alanlarından en iyi şekilde yararlanma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum birim alandan en az girdi ile bol ve nitelikli ürün almakla olanaklıdır. Bu da ancak diğer önlemler yanında bitkilerin dengeli bir şekilde beslenmeleri ile sağlanır. Bitki besin elementlerinden birisinin ya da birkaçının bitki yetiştirme ortamında noksan bulunması bitkilerin gelişme ve verimlerini olumsuz yönde etkilemektedir.

Çinko, bitkilerdeki işlevleri yönünden azot, fosfor, potasyum vb. elementler kadar önemlidir. O nedenle nitelikli ve bol ürün alınabilmesi için bitkilerin geliştikleri ortamda çinkoyu bulmaları, yeterli düzeyde almaları ve gerektiği şekilde metabolizmalarında kullanmaları büyük önem taşır.

Çinko noksanlığı dünyada ve Türkiye’de çok sık rastlanılan bir mikroelement sorunudur. Dünyada tüm tarım alanlarının % 30’unda, Türkiye’de ise % 49.8 ‘inde çinko noksanlığının bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Sillanpaa 1982, Eyüpoğlu ve ark. 1998).

Topraklardaki bitkiye yarayışlı çinko miktarlarını belirlemek amacı ile çok sayıda kimyasal ekstraksiyon yöntemi kullanılmakla beraber gerek fiziksel gerekse kimyasal özellikleri açısından farklılıklar gösteren topraklarda kullanılacak standart bir ekstrakt çözeltisi bulunamamıştır. Bitki tarafından yararlanılabilir çinkoyu topraktan ekstrakte etmek için kompleks yapıcı madde çözeltileri, seyreltik asit çözeltileri, tuz çözeltileri ve yapay kilyet yapıcı madde çözeltileri kullanılmaktadır.

Gezgin (1991), Büyük Konya havzası topraklarını temsilen aldığı 15 toprak örneğinde çeşitli kimyasal ekstraksiyon yöntemleri ile yarayışlı çinko miktarını saptamıştır. Bu yöntemleri önem sıralamasına göre 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA > 1 N NH₄OAc (pH:4.8) > 5N CH₃COOH > 0.01 N Na₂EDTA + 1 N NH₄OAc > 0.01 M Na₂EDTA + 1 M (NH₄)₂CO₃ > 0.01 N Na₂EDTA > 1 N NH₄OAc (pH:3.0) > Toplam çinko > 1 N KCl > 0.05 N HCl + 0.025 N H₂SO₄ > 0.01 M CaCl₂ > 0.05 N HCl şeklinde sıralamıştır. Söz konusu yöntemlerden 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA yöntemini, en uygun yöntem olarak önermiştir.

Selimoğlu (1995), Aydın ve Muğla illeri turunçgil alanlarından alınan 16 toprak örneğine 9 farklı kimyasal ekstraksiyon yöntemi uygulamıştır. Araştırmacı DTPA + CaCl₂ + TEA çözeltisini yüksek korelasyon katsayısı vermesi ve bu yöntemle elde edilen toprak çözeltisinde yarayışlı Zn miktarının belirlenmesine ek olarak yarayışlı Fe, Mn ve Cu miktarlarının da belirlenebilmesi nedeniyle en uygun yöntem olarak bildirmiştir.

Aydemir ve Köleli (1996), Harran Ovasında 17 toprak serisinden, alınan toplam 22 adet toprak örneği üzerinde bitkiye yarayışlı Zn miktarlarını 10 değişik kimyasal ekstraksiyon yöntemi ve 1 biyolojik yöntem ile belirlemişlerdir. Araştırmacılar, kimyasal yöntemlerin biyolojik yöntemle olan ilişkileri birlikte değerlendirildiğinde 0.01 M HEDTA, 0.01 M Hidrokinon ve 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0.1 M TEA yöntemlerinin, Harran Ovası topraklarında bitkiye yarayışlı çinkonun belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Arriechi ve Ramirez (1997), Venezuela’da 14 asit toprakla test bitkisi olarak mısır kullanarak bir sera çalışması yapmışlardır. Bu topraklardaki yarayışlı çinko miktarlarını belirlemek amacıyla DTPA, DTPA – HCl, Na₂EDTA, HCl ve Mehlich 1 olmak üzere 5 farklı ekstraksiyon çözeltisi kul-

lanmışlar ve ekstrakte edilen çinko ile bitkinin çinko içeriği arasında önemli ve pozitif korelasyonlar bulmuşlardır.

Hakerlerler ve ark.(1998), Gediz Havzasında bağ tarımı yapılan alüvyal büyük toprak grubuna dahil 19 bağdan toprak ve yaprak örnekleri almışlardır. Araştırmacılar toprak örneklerinin içerdiği alınabilir çinko miktarlarını çözücü asit, tampon, tuz ve kleyt'den oluşan 21 adet yöntem ile belirlemişlerdir. Saksı denemeleri ile sağlanan veriler ile alınabilir çinko yöntemleri arasındaki ilişkilerde en yüksek korelasyon katsayılarını; $0.1 \text{ N HCl} > 0.05 \text{ N HCl} + 0.025 \text{ N H}_2\text{SO}_4 > 0.01 \text{ N Na}_2\text{EDTA} + 1 \text{ N NH}_4\text{OAc} > 0.025 \text{ N Na}_2\text{EDTA}$ sırasıyla belirlemişlerdir.

Yıldız (1998), yaptığı çalışmada Pasinler ovasından alınan 10 farklı toprak örneğinin bitkiye yarayışlı Zn miktarlarını 9 farklı kimyasal ekstraksiyon yöntemi ile belirlemiştir. Sonuç olarak söz konusu ekstraksiyon yöntemlerinden $1.5 \text{ N NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ yöntemi ile 0.01 M hidrokinon yöntemi bitki kuru madde miktarını gösteren biyolojik ölçüt ile en yüksek ilişkileri vererek söz konusu topraklar için en uygun Zn ekstraksiyon yöntemleri olarak seçilmişlerdir.

Bu araştırmada Bursa ili topraklarının yarayışlı çinko durumunun belirlenebilmesi ve yarayışlı çinko miktarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun kimyasal ekstraksiyon yöntem yada yöntemlerin seçilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Jackson (1962), tarafından bildirildiği şekilde 0-20 cm derinlikten ve Bursa ilinde geniş yayılım gösteren sekiz büyük toprak grubundan alınmıştır. Deneme topraklarının tekstür sınıfı (Bouyoucos 1951), toprak reaksiyonu (Grewelling ve Peech 1960), CaCO_3 (Çağlar 1949)), organik madde (Jackson 1962), toplam azot (Özgümmüş 1991) ve yarayışlı fosfor (Olsen ve ark. 1954) miktarları belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge I'de verilmiştir.

Sera koşullarında 3 yinelemeli olarak düzenlenen denemede, saksılara 2500 g toprak konulmuştur. Bitkilerin normal gelişmelerini sağlamak için bütün saksılara ekimden önce 100 ppm N (NH_4NO_3 şeklinde) ve 80 ppm P (KH_2PO_4 şeklinde) verilmiştir. Denemede çinko, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi şeklinde kontrol (Zn_0), 2.5 ppm Zn (Zn_1), 5 ppm Zn (Zn_2) ve 10 ppm Zn (Zn_3) düzeylerinde uygulanmıştır.

Denemede RX947 melez mısır (*Zea mays* L.) tohumu kullanılmış ve başlangıçta her saksıya 6 adet tohum ekilmiştir. Çimlenmeden sonra her saksıda 3 adet bitki bırakılmış ve çimlenmeden 40 gün sonra bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen bitki materyalleri bir kez musluk suyu ve iki kez de saf su ile yıkandıktan sonra $65 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelinceye değin kurutulmuş ve kuru ağırlıkları saptanmıştır.

Çizelge I.
Deneme Topraklarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Örnek No	Toprakların Alındığı Yer	Büyük Toprak Grupları	pH 1:2,5 Top:su	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam Azot %	Yarıyışlı Fosfor ppm	TEKSTÜR			
								Kum, %	Silt, %	Kil, %	Sınıfı
1	İznik	Alüvyal Topraklar	7.27	0.20	2.10	0.154	53.33	48.0	28.8	23.2	Tın
2	İznik	Kırmızı Kahv.Akdeniz Top.	8.28	8.15	0.97	0.073	13.10	50.8	22.0	27.2	Kumlu killi tın
3	İznik	Kırmızı Kahv.Akdeniz Top.	7.54	1.87	1.47	0.117	30.38	68.0	12.8	19.2	Kumlu tın
4	Orhangazi	Kahverengi Orman Top.	8.29	8.15	1.77	0.073	33.89	68.8	12.0	19.2	Kumlu tın
5	Orhangazi	Kolüvyal Topraklar	7.14	0.49	1.16	0.110	25.11	52.0	20.0	28.0	Kumlu killi tın
6	Orhangazi	Alüvyal Topraklar	8.37	3.24	1.35	0.088	4.19	54.8	30.0	15.2	Kumlu tın
7	Orhangazi	Alüvyal Topraklar	7.85	2.36	2.80	0.154	85.39	48.8	26.0	25.2	Tın
8	Orhangazi	Kolüvyal Topraklar	7.93	1.67	1.96	0.125	14.99	44.8	24.0	31.2	Killi tın
9	Gemlik	Kahverengi Orman Top.	8.04	8.05	1.58	0.110	12.42	42.0	28.0	30.0	Killi tın
10	Gemlik	Kahverengi Orman Top.	8.16	6.87	1.24	0.081	9.72	52.8	22.0	25.2	Kumlu killi tın
11	Yenişehir	Kahverengi Orman Top.	8.22	18.66	1.74	0.117	8.51	45.6	25.2	29.2	Killi tın
12	Yenişehir	Kahverengi Orman Top.	8.22	13.85	1.43	0.139	6.08	52.0	20.0	28.0	Kumlu killi tın
13	Yenişehir	Kolüvyal Topraklar	7.86	6.19	2.23	0.169	13.64	41.6	27.2	31.2	Killi tın
14	Yenişehir	Alüvyal Topraklar	8.20	9.04	1.58	0.139	15.39	56.0	20.0	24.0	Kumlu killi tın
15	İnegöl	Alüvyal Topraklar	8.27	3.40	0.78	0.095	12.42	52.0	20.0	28.0	Kumlu killi tın
16	Kestel	Kahverengi Orman Top.	7.31	2.45	5.09	0.286	28.83	64.0	20.8	15.2	Kumlu tın
17	Gürsu	Alüvyal Topraklar	8.30	5.89	1.93	0.125	24.30	46.8	28.0	25.2	Tın
18	Merkez	Kireçsiz Kahv. Orman Top.	7.49	2.36	2.69	0.176	21.74	60.0	26.0	14.0	Kumlu tın
19	M.Kemalpaşa	Rendzina Topraklar	8.12	4.91	2.15	0.139	12.83	50.8	14.0	35.2	Kumlu kil
20	Orhaneli	Kireçsiz Kahv. Orman Top.	7.88	0.10	0.44	0.044	12.96	68.0	18.0	14.0	Kumlu tın
21	Orhaneli	Kireçsiz Kahv.Orman Top.	7.14	2.55	2.12	0.154	15.26	55.6	19.2	25.2	Kumlu killi tın

Çizelge I. (devamı)

Örnek No	Toprakların Alındığı Yer	Büyük Toprak Grupları	pH 1:2,5 Top:su	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam Azot %	Yarayışlı Fosfor ppm	TEKSTÜR			
22	Nilüfer	Kireçsiz Kahv.Orman Top.	8.15	4.71	1.62	0.132	5.81	64.0	20.0	16.0	Kumlu tın
23	Nilüfer	Kırmızı Kahv.Akden. Top.	5.41	0.10	1.13	0.081	3.92	78.0	6.0	16.0	Kumlu tın
24	Nilüfer	Kolüvyal Topraklar	8.03	0.39	1.32	0.088	5.00	51.6	23.2	25.2	Kumlu killi tın
25	Nilüfer	Rendzina Topraklar	8.14	23.57	1.85	0.125	61.43	48.8	24.0	27.2	Kumlu killi tın
26	Görükle	Vertisol Topraklar	8.09	7.86	1.93	0.117	21.20	47.6	21.2	31.2	Killi tın
27	Görükle	Rendzina Topraklar	8.05	8.84	2.34	0.169	16.61	66.0	14.0	20.0	Kumlu killi tın
28	Nilüfer	Kireçsiz Kahv. Topraklar	8.19	3.73	1.77	0.059	12.02	60.0	16.0	24.0	Kumlu killi tın
29	Karacabey	Vertisol Topraklar	8.01	4.32	0.59	0.103	17.28	56.0	20.0	24.0	Kumlu killi tın
30	Karacabey	Kireçsiz Kahv. Topraklar	6.09	0.20	1.81	0.117	6.89	54.0	28.0	18.0	Tın
31	Karacabey	Vertisol Topraklar	7.65	0.59	1.66	0.147	38.34	52.0	18.0	30.0	Killi tın
32	Karacabey	Rendzina Topraklar	8.34	14.73	1.47	0.088	10.67	50.8	18.0	31.2	Kumlu killi tın
33	Karacabey	Alüvyal topraklar	8.52	2.95	1.55	0.117	9.86	32.0	42.0	26.0	Tın
34	Karacabey	Kırmızı Kahv.Akden. Top.	8.41	32.61	1.85	0.110	13.64	40.0	30.8	29.2	Killi tın
35	İznik	Kolüvyal Topraklar	8.58	7.86	1.05	0.088	23.90	52.0	20.0	28.0	Kumlu killi tın
36	Karacabey	Kireçsiz Kahverengi Top.	8.38	17.87	1.70	0.125	10.40	48.0	28.8	23.2	Tın
37	Karacabey	Vertisol Topraklar	7.14	1.08	1.28	0.161	57.71	33.6	27.2	39.2	Killi tın
38	Karacabey	Alüvyal Topraklar	8.16	5.30	1.39	0.110	15.26	44.8	34.0	21.2	Tın
39	M.Kemalpaşa	Alüvyal Topraklar	8.25	6.78	1.55	0.103	21.33	68.0	18.0	14.0	Kumlu tın
40	M.Kemalpaşa	Alüvyal topraklar	8.13	1.38	1.62	0.125	6.48	40.0	34.8	25.2	Tın
En Düş.			5.41	0.10	0.44	0.044	3.92	32.0	6.0	14.0	
En Yük.			8.58	32.61	5.09	0.286	85.39	78.0	42.0	39.2	
Ort.			7.89	6.38	1.70	0.121	25.31	52.8	22.7	24.5	

Kurutulan ve öğütülen bitki örnekleri Kacar (1972) tarafından bildirildiği şekilde $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ asit karışımı ile yaş yakılmış ve Zn miktarı Philips 9200X model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

Biyolojik yöntem olarak mısır bitkisinin kuru madde miktarı, çinko içeriği, topraktan kaldırılan çinko miktarı ve bu değerlerin yüzde nispi miktarları kullanılmıştır.

Deneme topraklarının yarayışlı Zn miktarlarını belirlemek amacıyla 9 farklı kimyasal ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Kimyasal ekstraksiyon çözeltileri, toprak: çözelti oranları ve çalkalama süreleri Çizelge II'de sunulmuştur. Topraklar bildirilen ekstraksiyon çözeltileri ile belirtilen sürelerde çalkalandıktan sonra Whatman 42 filtre kağıdından süzümüştür. Süzükteki çinko miktarı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

Deneme verilerinin istatistiki analizleri TARIST paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge II.

Deneme Topraklarının Yarayışlı Zn Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılan Kimyasal Ekstraksiyon Yöntemleri

Ekstraksiyon Çözeltisi	Top:Çöz Oranı	Çalkalama Süresi	Kaynak
1. 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl_2 + 0.1 M TEA (pH: 7.3)	1:2	2 saat	Lindsay ve Norvell (1978)
2. 0.1 N HCl	1:10	30 dakika	Macleay ve Langille (1976)
3. 0.05 N HCl + 0.025 N H_2SO_4	1:4	15 dakika	Wear ve Evans (1968)
4. 1 N NH_4OAc (pH:4.8)	1:4	30 dakika	Trierweiler ve Lindsay(1969)
5. 0.01 M Na_2EDTA + 1 M $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	1:2	30 dakika	Trierweiler ve Lindsay(1969)
6. 0.01 M Na_2EDTA + 1 N NH_4OAc	1:10	1 saat	Navrot ve Ravikovitch (1968)
7. 0.01 N Na_2EDTA	1:2	30 dakika	Marinho ve Igue (1972)
8. 0.01 M CaCl_2	1:2	30 dakika	John (1972)
9. 0.01 M HEDTA	1:5	30 dakika	Aydemir ve Köleli (1996)

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Deneme topraklarının tekstürleri genellikle kumlu tın, killi tın ve kumlu killi tın tekstürde olup kum miktarları % 32.0-78.0, silt miktarları % 6.0-42.0 ve kil miktarları % 14.0-39.2 arasında değişmektedir. Toprakların pH değerleri 5.41 ile 8.58, CaCO_3 miktarları % 0.10 ile % 32.61, organik madde miktarları % 0.44 ile % 5.09, toplam azot miktarları % 0.044 ile % 0.286 ve yarayışlı fosfor miktarları ise 3.92 ppm ile 85.39 ppm arasında değişiklik göstermektedir.

Bursa ili topraklarının çinko durumunu ve bu topraklarda yarayışlı çinko miktarlarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun yöntem ya da yöntemleri saptamak amacıyla 9 farklı kimyasal ekstraksiyon yöntemi denenmiş ve sonuçlar Çizelge III'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı gibi deneme topraklarının bitkiye yarayışlı çinko miktarları uygulanan kimyasal ekstraksiyon yöntemlerine göre farklılıklar göstermiştir. Bu farklılıklar çoğunlukla ekstraksiyon çözeltilisinin cinsi, konsantrasyonu, pH'sı, toprak: çözelti oranları ve çalkalama sürelerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu farklılıklara diğer bir neden de toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birbirinden farklı olmasıdır.

Çizelge III'den de görülebileceği gibi topraklardan ekstrakte edilebilir Zn miktarları 0.01 N HCl yöntemi ile 0.01 ppm ile 20.18 ppm, 0.05 N HCl + 0.025 N H₂SO₄ yöntemi ile 0.01-4.85 ppm, 0.01 M CaCl₂ yöntemi ile 0.040-0.303 ppm, 1 N NH₄OAc yöntemi ile 0.11-6.17 ppm, 0.01 N Na₂EDTA yöntemi ile 0.09-9.32 ppm, 0.01 M HEDTA yöntemi ile 0.11-9.00 ppm, 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl₂+0.1 M TEA yöntemi ile 0.23-4.42 ppm, 0.01 M Na₂EDTA+1 M (NH₄)₂CO₃ yöntemi ile 0.18-6.39 ppm ve 0.01 N Na₂EDTA+1 N NH₄OAc yöntemi ile 0.56-9.42 ppm olarak bulunmuştur.

Bursa ili topraklarının yarayışlı çinko miktarlarını belirlemek için uygulanacak en uygun kimyasal ekstraksiyon yöntem ya da yöntemlerinin seçilmesinde biyolojik indeks olarak mısır bitkisinin kuru madde miktarı, çinko içeriği ve topraktan kaldırılan çinko miktarı ile bu değerlerin yüzde nispi miktarları kullanılmıştır.

Deneme topraklarında yetiştirilen mısır bitkilerinin kuru madde miktarları, çinko içerikleri, topraktan kaldırılan çinko miktarları ve bu değerlerin yüzde nispi miktarları Çizelge IV'de verilmiştir. Çizelge IV'ün incelenmesinden anlaşılacağı gibi deneme topraklarında yetiştirilen mısır bitkisinin kuru madde miktarları 1.08 g/saksı ile 7.07 g/saksı arasında değişmekte olup, ortalama 3.83 g/saksıdır. Mısır bitkisinin çinko içeriği en az 5.2 ppm, en fazla ise 42.0 ppm olarak bulunmuştur. Ortalama çinko içeriği ise 19.8 ppm'dir. Mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı çinko miktarı ortalama 80 µg/saksı olup, bu değerler 5.6 ile 238 µg/saksı arasında değişmektedir. Yüzde nispi kuru madde miktarı % 33.33 ile % 104.70 arasında değişmekte olup ortalama % 77.24'dür. Mısır bitkisinin nispi çinko yüzdesi ortalama % 69.28 olup, bu değerler % 41.94 ile % 100.48 arasında değişmektedir. Mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı yüzde nispi çinko miktarı % 15.93 ile % 101.19 arasında değişmektedir. Ortalama %54.24'dür.

Çizelge III.

Deneme Topraklarında Çeşitli Kimyasal Ekstraksiyon Çözeltileri ile Elde Edilen Çinko Miktarları

Top. No	Toprakta Çinko Miktarı, ppm*								
	0.1 N HCl	HCl H ₂ SO ₄	0.01 M CaCl ₂	1 N NH ₄ OAc	0.01 N Na ₂ EDTA	0.01 M HEDTA	DTPA+ CaCl ₂ + TEA	Na ₂ EDTA+ (NH ₄) ₂ CO ₃	Na ₂ EDTA+ NH ₄ OAc
1	10.82	4.85	0.088	2.64	9.32	8.20	3.38	4.61	7.02
2	3.58	0.07	0.048	1.28	1.30	1.46	0.94	1.67	2.16
3	5.00	2.06	0.088	0.77	3.12	3.49	1.17	1.72	3.61
4	0.31	0.01	0.042	2.55	1.76	2.26	1.66	2.61	2.02
5	6.55	2.86	0.153	1.72	4.22	5.16	1.77	2.40	2.62
6	2.58	0.02	0.100	0.50	0.40	0.79	0.43	0.63	0.64
7	20.18	0.15	0.069	3.51	7.76	9.00	4.42	6.39	5.99
8	3.44	0.06	0.062	0.64	0.75	1.48	0.67	0.70	0.94
9	2.68	0.03	0.160	0.96	1.42	3.02	1.25	1.65	1.91
10	0.14	0.04	0.078	0.16	0.29	1.15	0.49	0.56	0.56
11	0.01	0.05	0.072	0.24	0.09	0.12	0.23	0.43	1.00
12	0.26	0.02	0.072	0.45	1.37	1.56	1.10	1.84	2.21
13	0.21	0.10	0.092	6.17	0.52	0.77	0.57	0.97	1.63
14	0.28	0.03	0.090	0.54	1.24	1.89	0.89	1.65	1.37
15	0.43	0.19	0.098	0.18	0.96	1.08	0.65	0.69	1.07
16	17.92	0.48	0.098	4.37	7.12	8.73	3.80	5.16	7.11
17	1.27	0.02	0.066	0.82	1.02	1.12	0.80	1.39	1.54
18	11.10	1.84	0.116	1.74	5.48	6.56	1.80	2.81	3.84
19	0.21	0.04	0.103	0.88	0.34	0.41	0.38	0.32	1.16
20	2.78	0.33	0.093	0.19	0.80	0.72	0.25	0.18	0.68
21	2.39	0.31	0.056	0.40	1.02	1.06	0.53	0.37	1.40
22	2.29	0.04	0.064	0.53	0.51	1.03	0.38	0.54	0.91
23	2.36	0.66	0.303	0.40	0.53	0.87	0.34	0.48	0.60
24	2.90	0.73	0.106	0.12	0.53	0.74	0.41	0.36	1.07
25	0.01	0.01	0.102	0.23	0.76	0.89	0.63	0.89	1.73
26	0.06	0.01	0.040	0.32	0.62	0.84	0.63	0.77	1.30
27	0.18	0.04	0.072	0.41	0.29	0.20	0.37	0.34	1.59
28	1.11	0.02	0.070	0.11	0.17	0.25	0.31	0.29	0.93
29	3.17	0.02	0.051	0.80	1.39	1.89	1.40	1.68	1.66
30	3.14	1.27	0.122	0.61	1.47	2.06	0.95	1.11	1.66
31	2.90	0.19	0.068	0.15	0.76	1.70	0.51	0.26	0.79
32	0.01	0.01	0.066	0.23	0.34	0.55	0.52	0.78	0.93
33	2.82	0.02	0.080	0.14	0.40	1.05	0.31	0.46	0.69
34	0.10	0.02	0.064	0.14	0.21	0.11	0.34	0.46	0.63
35	8.46	0.07	0.130	0.91	2.78	3.90	1.87	2.47	3.02
36	0.04	0.06	0.056	0.12	0.35	0.88	0.49	0.72	0.70
37	6.21	0.64	0.142	1.78	2.22	2.44	1.03	0.73	1.45
38	3.12	0.04	0.064	0.14	0.37	1.20	0.35	0.43	9.42
39	0.24	0.02	0.074	0.29	0.97	1.17	0.87	1.10	1.19
40	3.57	0.23	0.102	0.15	0.48	1.07	0.48	0.55	0.94
En düş	0.01	0.01	0.040	0.11	0.09	0.11	0.23	0.18	0.56
En yük.	20.18	4.85	0.303	6.17	9.32	9.00	4.42	6.39	9.42
Ortalama	3.37	0.44	0.091	0.96	1.58	2.07	0.98	1.33	2.04

* Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır.

Çizelge IV.

Deneme Topraklarında Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Kuru Madde Miktarı, Çinko İçeriği, Toprakdan Kaldırılan Çinko Miktarı ile Bu Değerlerin Yüzde Nispi Miktarları*

Toprak No	Kuru Madde Miktarı (g/saksı)	Çinko İçeriği (ppm)	Toprakdan Kaldırılan Çinko Miktarı (µg/saksı)	Nispi Kuru Madde Miktarı (%)	Nispi Çinko İçeriği (%)	Toprakdan Kaldırılan Nispi Çinko Miktarı (%)
1	4.46	26.3	117.3	104.70	82.19	85.93
2	3.16	30.5	96.5	64.49	74.76	48.35
3	4.08	22.6	92.0	83.95	81.59	68.45
4	3.48	21.4	74.4	74.84	74.56	55.86
5	5.17	22.2	115.1	96.28	69.81	67.43
6	3.10	18.3	56.8	92.54	72.33	67.06
7	5.67	42.0	238.0	100.89	100.48	101.19
8	2.73	20.8	56.6	70.36	48.49	33.99
9	4.15	25.6	106.0	93.68	69.95	65.47
10	4.08	21.6	88.2	68.23	72.48	49.41
11	1.22	8.5	10.4	33.33	47.75	15.93
12	4.11	11.8	48.5	81.39	56.19	45.63
13	5.22	16.2	84.6	88.18	74.31	65.58
14	5.38	23.3	125.4	101.70	61.64	62.73
15	4.06	13.3	54.0	73.02	75.14	54.93
16	4.63	26.3	121.8	74.20	91.32	67.74
17	2.66	17.9	47.6	61.43	73.06	44.86
18	4.67	26.2	122.2	98.52	79.39	78.08
19	2.66	9.3	24.8	45.09	62.42	28.21
20	2.52	10.6	26.7	54.31	63.86	34.68
21	6.82	13.2	90.0	87.66	73.33	64.15
22	3.32	13.5	44.9	57.74	53.57	31.01
23	4.16	23.3	97.0	75.50	43.63	32.97
24	2.56	11.6	29.7	68.27	60.10	41.08
25	4.07	17.4	70.6	75.51	53.37	40.14
26	4.44	16.5	73.3	71.27	74.32	53.00
27	1.08	5.2	5.6	66.66	41.94	27.86
28	3.26	10.3	33.6	63.06	51.76	32.65
29	2.53	23.5	59.5	80.83	80.21	61.34
30	5.09	22.0	112.1	84.55	72.85	61.63
31	4.39	18.5	81.2	71.97	88.10	63.39
32	3.12	19.4	60.5	75.91	69.04	52.34
33	4.32	16.9	72.9	81.51	47.21	38.39
34	2.13	18.0	38.3	55.18	83.33	45.87
35	4.91	25.8	126.8	87.21	64.02	55.93
36	2.51	22.2	55.7	73.18	67.89	49.73
37	7.07	27.3	193.1	98.61	86.12	84.99
38	1.75	20.4	35.8	70.28	88.70	62.37
39	4.08	27.8	113.5	86.99	69.15	60.15
40	4.30	22.6	97.0	97.95	70.63	68.99
En Düş.	1.08	5.2	5.6	33.33	41.94	15.93
En Yük.	7.07	42.0	238.0	104.70	100.48	101.19
Ortalama	3.83	19.8	80.0	77.24	69.28	54.24

* Değerler 3 yinelemenin ortalamasıdır.

Derfeme topraklarının yarıyıllı Zn miktarlarının belirlenmesinde uygulanabilecek kimyasal yöntemlerin seçilmesinde standart olarak ele alınan biyolojik indeksler ile topraklara uygulanan kimyasal ekstraksiyon yöntemleri arasındaki ilişkiler korelasyon hesaplarıyla bulunmuştur (Çizelge V).

Çizelge V'in incelenmesinden anlaşılacağı gibi kimyasal ekstraksiyon yöntemlerinden yalnızca 0.01 N CaCl_2 yöntemi biyolojik indekslerle istatistiki olarak önemli bir ilişki vermemiştir. 0.1 M HCl, 0.01 M HEDTA ve 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl_2 +0.1 M TEA yöntemleri biyolojik indekslerin hepsi ile %1 düzeyinde istatistiki olarak önemli ilişkiler vermiştir. 0.05 N HCl+0.025 N H_2SO_4 yöntemi ile yüzde nispi çinko miktarı ve topraktan kaldırılan yüzde nispi çinko miktarı arasında %1 düzeyinde önemli ilişkiler bulunmakta ancak diğer bütün biyolojik indeks değerleri ile arasında istatistiki olarak önemli bir ilişki bulunmamaktadır.

Kimyasal ekstraksiyon yöntemleri ile biyolojik indeksler arasındaki istatistiki ilişkiler dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerden sonra Bursa ili topraklarının yarıyıllı çinko miktarını belirlemek için topraklara uygulanabilecek kimyasal ekstraksiyon yöntemlerinin sıralaması önem sırasına göre; 0.01 M HEDTA > 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl_2 +0.1 M TEA > 0.1 N HCl > 0.01 M Na_2EDTA +1 M $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ > 0.01 M Na_2EDTA > 1 N NH_4OAc > 0.01 M Na_2EDTA +1 N NH_4OAc > 0.05 N HCl+0.025 N H_2SO_4 > 0.01 M CaCl_2 şeklinde belirlenmiştir. 0.01 M HEDTA yöntemi yeni bir yöntem olup biyolojik indekslerle yüksek korelasyonlar vermiştir. Aydemir ve Köleli (1996), bu yöntemin Harran ovası topraklarında yarıyıllı çinko miktarını belirlemede en uygun yöntem olduğunu bildirmişlerdir. 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl_2 +0.1 M TEA yöntemi ile aynı zamanda Fe, Cu ve Mn gibi elementlerin de belirlenebilmesi nedeniyle bu yöntem çok sık olarak kullanılan bir yöntemdir ve biyolojik indekslerle de hemen hemen 0.01 M HEDTA yöntemi kadar yüksek korelasyon katsayıları vermiştir. Lindsay ve Norvell (1978) tarafından önerilen bu yöntemin Haq ve Miller (1972), Turan ve ark. (1989), Gezgin(1991), Singh ve ark. (1994) ve Haddad ve Evans (1993) gibi bir çok araştırmacı tarafından topraklarda bitkiye yarıyıllı çinko miktarını belirlemede uygun olduğu bildirilmiştir. Ancak yöntemler ekonomik yönden incelendiğinde 0.1 N HCl yönteminin 0.01 M HEDTA ve 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl_2 +0.1 M TEA yöntemine göre çok daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemin de diğer iki yöntem gibi biyolojik indekslerle yüksek korelasyonlar vermesi, diğer iki yöntemden daha ekonomik olması ve aynı zamanda da ekstraksiyon süresinin daha kısa olması nedeniyle 0.1 N HCl yöntemi Bursa ili topraklarının bitkiye yarıyıllı çinko miktarının belirlenmesinde en uygun yöntem olduğu izlenimini vermektedir. Hakerlerler ve ark. (1998) ve Trierweiler ve Lindsay (1969) gibi birçok a-

raştırıcı 0.1 N HCl yönteminin, Kennedy ve Brown (1981) ise HCl, DTPA ve HEDTA yöntemlerinin her birinin topraklarda yarayışlı çinko miktarının belirlenmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak biyolojik indekslerle yüksek korelasyonlar veren 0.01 M HEDTA, 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl₂+0.1 TEA, 0.1 N HCl ve 0.01 M Na₂EDTA+1 M (NH₄)₂CO₃ yöntemlerinden herhangi birisi Bursa ili topraklarında yarayışlı çinko miktarının belirlenmesinde güvenle kullanılabilir.

Çizelge V.

Deneme Topraklarına Uygulanan Çeşitli Kimyasal Ekstraksiyon Yöntemleri İle Biyolojik İndeks Değerleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları (r)

Biyolojik İndeksler	Çinko Uygulanmayan Topraklarda Yetiştirilen Bitkiler			Zn ₀ / Zn ₃ x 100		
	Kuru Madde Miktarı	Çinko İçeriği	Topraktan Kaldırılan Çinko Miktarı	Nispi Kuru Madde Miktarı	Nispi Çinko Miktarı	Topraktan Kaldırılan Çinko Mikt.
0.1 N HCl	0.397**	0.649**	0.687**	0.439**	0.531**	0.632**
0.05 N HCl + 0.025 N H ₂ SO ₄	0.262	0.232	0.286	0.422**	0.227	0.423**
0.01M CaCl ₂	0.282	0.158	0.274	0.252	-0.215	0.035
1N NH ₄ Oac	0.385*	0.388*	0.476**	0.341*	0.431**	0.496**
0.01 N Na ₂ EDTA	0.389*	0.578**	0.617**	0.498**	0.534**	0.669**
0.01 M HEDTA	0.444**	0.667**	0.698**	0.543**	0.547**	0.697**
DTPA + CaCl ₂ + TEA	0.398**	0.680**	0.690**	0.490**	0.554**	0.667**
0.01 M Na ₂ EDTA + 1 M (NH ₄) ₂ CO ₃	0.356*	0.682**	0.662**	0.475**	0.518**	0.635**
0.01 M Na ₂ EDTA + 1 N NH ₄ OAc	0.102	0.439**	0.347*	0.293	0.542**	0.522**

KAYNAKLAR

- Arriechi, E. and R., Ramirez, 1997. Soil Test for Available Zinc in Acid Soils of Venezuela. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28(17-18) 1471-1480.
- Aydemir, O. ve N., Köleli, 1996. Harran Ovası Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Çinko Durumunun Belirlenmesinde Kullanılacak Kimyasal Yöntemler. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* 20: 91-98.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soil. *Agronomy Journal*, 43:434-437.
- Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi A.Ü. Yayınları No: 10, Ankara.
- Eyüpoğlu, F., N., Kurucu ve S., Talaz, 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bazı Mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araş. Enst.Müd. S:72, Ankara.*

- Gezgin, S., 1991. Büyük Konya Havzası Topraklarının Çinko Durumu ve Bu Topraklarda Elverişli Çinko Miktarının Belirlenmesinde Kullanılacak Yöntemler Üzerinde Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- Grewelling, T. and M., Peech, 1960. Chemical Soil Tests. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 960 s.
- Haddad, K.S. and J.C., Evans, 1993. Assessment of Chemical Methods for Extracting Zinc, Manganese, Copper and Iron from New South Wales Soils. *Comm. in Soil Sci and Plant Anal.* 24: 1-2, 29-44.
- Hakerlerler, H., B., Okur, N., Saatçi, E., İrget, ve B., Yağmur, 1998. Gediz Havzasında Bağ Tarımı Yapılan Alüvyal Büyük Toprak Grubunda Alınabilir Çinko Yönteminin Belirlenmesi. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 287-294, Eskişehir.
- Haq, A.U. and M.H., Miller, 1972. Prediction of Available Soil Zn, Cu and Mn Using Chemical Extractants. *Agronomy Journal*. Vol: 64, 779-782.
- Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. Inc. 183, Newyork.
- John, M.K., 1972. Influence of Soil Properties and Extractable Zinc on Zinc Availability. *Soil Sci.* Vol: 113, No: 3, 222-227.
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yay.: 453. Uygulama Kılavuzu 155. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Kennedy, A.C. and J.R. Brown, 1981. A Comparison of Three Extractants for Soil Zinc. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol.45, 1000-1002.
- Lindsay, W.L. and W.A., Norvell, 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cd. *Soil Sci.Soc. Amer. Proc.* 42: 421-428.
- Maclean, K.S. and W.M., Langille, 1976. The Extractable Trace Element Content of Acid Soil and the Influence of pH, Organic Matter and Clay Content. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.* 7,777-784.
- Marinho, M.L. and K., Igue, 1972. Factors Affecting Zinc Absorption by Corn from Volcanic Ash. *Soils. Agron. Jour.*, 64,3-8.
- Navrot, J. and Ravikovitch, S., 1968. Zinc Availability in Calcareous Soils: II. Relation Between Available Zinc and Response to Zinc Fertilization. *Soil Sci. Vol:* 105, No:3, 184- 189.
- Olsen, S.R., C.V., Cole, F.S., Watanabe, and H.C., Dean, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. *U.S. Dept. of Agr. Cir.* 939. Washington D.C.
- Özgümüş, A., 1991. Analitik Kimya I Uygulama Kılavuzu. U.Ü.Ziraat Fakültesi Uygulama Kılavuzları, No:6.
- Selimoğlu, F., 1995. Aydın ve Muğla İllerindeki Turunçgil Alanlarının Çinko Durumu ve Bu Topraklardaki Alınabilir Çinko Miktarlarının Tayininde Uygulanacak Metodlar. Köy Hiz.Gen. Müd. Top. ve Güb.Araş.Enst.Müd. Yayın No: 210 Rapor No: R-126.

- Singh, R.S., R.P., Singh, R.K., Rai, and H.P., Agrawal, 1994. Relationship Between Soil Test Methods and Uptake of Copper and Zinc by Grasses on Polluted Soils. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 25: 9/10, 1313-1320.
- Sillanpaa, M., 1982. Micronutrients and the Nutrient Status of Soils. A Global Study. *FAO Soils Bulletin*, No:48, FAO, Rome.
- Trierweiler, J.F. and W.L., Lindsay, 1969. EDTA-Ammonium Carbonate Soil Test for Zinc. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 49-54.
- Turan, C., G., Çelebi, R., Yalçın, B., Kacar, ve S., Taban, 1989. Antalya Kıyı Bölgesi Topraklarının Mikroelement Durumu ve Bu Topraklarda Fe, Mn, Zn ve Cu Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemlerin Karşılaştırılması. *Doğa Bilim Dergisi*, Cilt: 13, No: 36, 1294-1307.
- Wear, J.I. and C.E., Evans, 1968. Relationship of Zinc Uptake by Corn and Sorghum to Soil Zinc Measured by Three Extractants *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 543-546.
- Yıldız, M., 1998. Erzurum Pasınler Ovası Topraklarında Bitkiye Yararışlı Çinkonun Belirlenmesinde Kullanılan Kimyasal Ekstraksiyon Yöntemleri. *I. Ulusal Çinko Kongresi*, 311-317, Eskişehir,.