

BİTKİYE ELVERİŞLİ TOPRAK BAKIRININ BELİRLENMESİNDE SÖMÜRÜCÜ OLARAK SODYUM PYROFOSFATIN KULLANILABİLME OLASILIĞININ ARAŞTIRILMASI

Orhan Aydın (1)

ÖZET

Bitkiye elverişli toprak bakır durumunun belirlenmesinde, kilyet yapıcı özelliği yanında iyi bir organik madde ekstraktantı olan sodyum pyrofosfatın ($Na_4P_2O_7$) kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, kireç kapsamları yüksek alkalin tepkimeli 23 yüzey toprak örneğinden DTPA, EDDHA ve EDTA gibi yapay kilyet yapıcı maddeler ve $Na_4P_2O_7$ ile sömürülen Cu konsantrasyonları ve ayrıca serada yetiştirilen mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı toplam Cu miktarları ve değişik sömürücülerle topraktan ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, denemede kullanılan topraklar için, pH'sı 7'ye ayarlanmış 0.02 M $Na_4P_2O_7$ çözeltisinin iyi bir ekstraktant olabileceğini kanıtlar yönündedir.

1.GİRİŞ

Ağır metallerin topraktan bitkilerce asal olarak kilyetler biçiminde alınması büyük bir olasılıktır. Kök bölgesi ve hatta kök yüzeyindeki kilyetleşme, ağır metal kanyonlarının bitkilere yararlılığında belki de en büyük rolü oynamaktadır (Viets, 1962; Mengel ve Kirkby, 1978). Mikrobelerin elementlerinin kompleks ve kilyetleşmiş biçimleri, topraktan genellikle kompleks yapıcı maddeler kullanılarak sömürülmektedir (Cox ve Kamprath, 1972).

Topraktaki bakırın önemli bir bölümü kilyetleşmiş biçimde olduğundan,

bitki Cu beslenmesinde önemli bir yer tutan bu dilimin sömürülmesinde kilyet yapıcı madde veya maddeleri içeren ekstraksiyon çözeltileri geliştirilmiştir. Bitkiye yararlı toprak bakırının sömürülmesinde Cheng ve Bray (1953) sitrat-EDTA; Oeien ve Semb (1967) 0.02N EDTA; Grewal ve arkadaşları (1969) 0.02 M EDTA; Lindsay ve Norvell (1978) DTPA; Reith (1968) 0.05 M EDTA; Haq ve Miller (1972) 0.005 M DTPA ve pH'sı 8.6'ya ayarlanmış 0.01 M EDTA + 1 M $(NH_4)_2CO_3$ çözeltilerini kullan-

(1) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak İlm. Bölümü Öğretim Üyesi (Doç.Dr.)

mıslardır. Değişik toprak, bitki ve çevre koşulları altında yürütülen bu araştırmalardan elde edilen bulgular farklı olmakla beraber, bitkiye elverişli toprak bakırının sömürülmesinde kilyet yapıcıların başarı ile kullanılabildikleri genellikle kabul edilen ortak noktadır.

Burada rapor edilen araştırma, kilyet yapıcı özelliği yanında (Hignett, 1969; Norvell, 1972) iyi bir organik madde ekstraktantı olan sodyum pyrofosfatın (Tinsley ve Salam, 1961) bitkiye yararlı toprak bakırının belirlenmesinde sömürücü olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılması amacıyla yöneliktir. Bu amaca varabilmek için,

bitkiye elverişli toprak bakırının sömürülmesinde kullanılan değişik yapay kilyet yapıcılarla (EDTA= etilen diamin tetra asetik asit; DTPA= dietilen triamin penta asetik asit; EDDHA= etilen diamin O-hidroksifenil asetik asit) topraktan ekstrakte edilen Cu miktarları ve sodyum pyrofosfat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) sömürüsü ile ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Ayrıca serada yürütülen saksı denemesinde mısır bitkisi tarafından topraktan kaldırılan Cu miktarları ve yukarıda adı geçen yapay kilyet yapıcılarla topraktan sömürülen Cu konsantrasyonları arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Toprak Örnekleri ve Saksı Denemesi

Bu araştırma çalışmasında, bazı mikrobeyin elementleri (Fe, Mn, Zn, Cu) noksanlıklarıyla ilgili bir araştırmada kullanılmak üzere Malatya ili tarım topraklarından daha önce alınan 23 yüzey toprak örneğinden yararlanılmıştır. Toprak örneklerinin laboratuvarında tayin edilen bazı özellikleri çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme bitkisi olarak seçilen mısır bitkisinin (*Zea mays*, Michigan 202) toprak örneklerinden kaldırdığı Cu miktarlarının belirlenmesi amacıyla, 4 mm. lik elekten geçirilmiş havada kurutulmuş topraktan, 2 kg. fırında kuruya eşdeğer miktarda alınıp, 2.5 litre hacminde plastik saksılara yerleştirilmiştir. Sınırlayıcı etken olmaması nedeniyle her saksıya 125 ppm N, 100 ppm P ve 50 ppm K sırasıyla (NH_4)₂SO₄, Ca (HPO_4)₂ ve KCl bileşikle-

rinden çözültü biçiminde ve ekim sırasında sağlanmıştır. Başlangıçta her saksıya 6 mısır tohumu ekilerek, saksı kapsamı saf su ile daha önce tayin edilen tarla kapasitesindeki nem düzeyine çıkarılmıştır. Çimlenme gerçekleştikten sonra seyreltme yapılarak, her saksıda eşit gelişme gösteren 3 mısır bitkisi bırakılmıştır. Çimlenmeyi izleyen iki hafta içerisinde saksılara ölçülü olarak saf su verilmiş ve toprağın nem düzeyi tarla kapasitesinde tutulmuştur. Denemenin geri kalan döneminde bitki su gereksinmesi, gerek duyduğu durumlarda ve ölçüsüz olarak yine saf su ile karşılanmıştır. Deneme püskülllenme dönemi başlangıcına kadar (yaklaşık 8 hafta) devam etmiştir. Deneme süresi sonunda toprak yüzeyinden hasat edilen bitki toprak üstü kesimi kağıt torbalara konularak 65°C sıcaklıkta sabit ağırlığa kadar kurutulmuştur. Tartım yoluyla bitki kuru ağırlıkları belirlendikten sonra,

Çizelge 1. Toprak örneklerinin bazı özellikleri^x.
(Some Properties of the Soils).

Top. No.	pH ¹	% CaCO ₃ ²	O.M..(%) ³	KDK ⁴ me./100 g.
1	85.2	46.1	2.39	39.5
2	8.43	45.7	2.44	34.9
3	8.22	47.9	4.25	26.3
4	8.40	57.9	1.25	29.9
5	8.30	41.4	4.49	33.7
6	8.52	50.0	1.24	25.5
7	8.48	43.4	2.50	34.4
8	8.53	34.8	1.17	34.9
9	8.40	33.7	1.92	33.5
10	8.43	6.2	2.09	30.5
11	8.40	46.1	2.74	23.3
12	8.52	57.2	1.70	20.8
13	8.50	49.0	1.51	25.6
14	8.70	26.1	0.90	29.2
15	8.43	21.8	2.71	18.4
16	8.40	35.8	2.35	23.8
17	8.60	47.7	2.25	16.4
18	8.42	49.2	3.34	13.6
19	8.45	51.3	2.38	15.7
20	8.53	0.5	1.12	20.1
21	8.55	24.9	2.57	13.9
22	8.50	2.7	1.22	2.7
23	8.58	8.3	0.85	6.2

x Çizelgedeki değerler iki tekrür ortalamasıdır.

1 1:2.5 oranında toprak-su süspansiyonunda cam elektrodu pH-metre ile ölçüldü.

2 Kalsimetre ile tayin edilmiştir (Allison ve Moodie, 1965).

3 Walkley-Black yöntemine göre tayin edilmiştir (Allison, 1965).

4 (Sodyumla dourma yöntemine göre tayin edilmiştir (Chapman, 1965).

porselen havanda dövülen bitki örneklerinden 2 g. tartularak, HNO₃ ile ön yakma işleminden sonra 10: 1:4 oranında NHO₃: H₂SO₄: HClO₄ karışımı ile sindirilmiştir. Islak yakma işleminden sonra saf su ile belirli hacme (25 ml) tamamlanan bitki örnekleri, Cu analizi yapılmak üzere saklanmıştır.

2.2. Toprakta Cu Ekstraksiyon Yöntemleri

Yöntem LN: Ekstraksiyon çözeltisi, Lindsay ve Norvell (1978) tarafından önerilen, pH sı 7.3'e ayarlanmış 0.005 M DTPA, 0.1 M TEA (trietanolamin) ve 0.01 M CaCl₂ içerir. Toprak-sömürücü oranı 1:2, sömürme süresi

2 sattir. Sömürme işleminden sonra Whatman No. 42 süzgeç kağıdından süzülen süzükte Cu tayini yapılmıştır.

Yöntem RN: Ekstraksiyon çözeltisi, Navrot ve Ravikovitch (1968) tarafından kireçli topraklarda bitkiye elverişli Zn durumunu belirlemek amacıyla geliştirilen 1N $\text{NH}_4 \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ içinde hazırlanmış ve pH'sı 7.0'ye ayarlanmış 0.01 M $\text{Na}_2\text{-EDDHA}$ çözeltisidir. Toprak - sömürücü oranı 1:10 ve ekstraksiyon süresi 1 saattir. Ekstraksiyondan sonra Whatman No. 42 süzgeç kağıdından süzülerek elde edilen süzükte Cu tayini yapılmıştır.

Yöntem jY: Johnson ve Young (1973) tarafından bitkiye elverişli toprak demirinin ekstraksiyonu için geliştirilen bu çözelti, 0.1 M NaNO_3 için de hazırlanmış 0.001 M EDDHA çözeltisidir. Bu yöntemde toprak - sömürücü oranı 1:10 ve ekstraksiyon süresi oda sıcaklığında 18 saattir. Ekstraksiyon işleminden sonra Whatman No. 42 süzgeç kağıdından geçen süzükte Cu tayini yapılmıştır.

Yöntem ET: Ekstraksiyon çözeltisi, pH'sı HCl ile 7.1'e ayarlanmış 0.05 M $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ ve 0.05 M TEA karışımıdır. Toprak-sömürücü oranı 1:10, sömürme süresi 2 saattir. Ekstraksiyon işleminden sonra toprak-sömürücü süspansiyonu Whatman No. 42 süzgeç kağıdından süzülmuş ve süzükte Cu tayini yapılmıştır.

Yöntem E: Ekstraksiyon çözeltisi, pH'sı HCl ile 7.0 ye ayarlanmış 0.005, 0.01 ve 0.02 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ çözeltileridir. Toprak-sömürücü oranı 1:10, ekstraksiyon süresi 2 saat olarak alınmıştır. Burgu kapaklı 100 ml. hacmindeki plastik şişelere konulan 5 gr. toprak 50 ml. sömürücü ile 2 saat süre ile laboratuvar sıcaklığında dakikada yaklaşık olarak 180 salınım yapan yatay bir çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Ekstraksiyon süresi sonunda toprak-sömürücü süspansiyonu, 5 dakika 1500 de/dakika'da santrifüj edildikten sonra Whatman No. 42 süzgeç kağıdından süzülüş ve elde edilen süzükte Cu tayini yapılmıştır.

Yöntem F: Ekstraksiyon çözeltisi, pH'sı asetik asit ile 7.0'ye ayarlanmış 0.005, 0.01 ve 0.02 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ çözeltileridir. Yöntemin geri kalan bölümü, yöntem E'de olduğu gibi uygulanmıştır.

2.3. Bitki Örnekleri ve Toprak Ekstraktlarında Cu Tayini

Islak yakma yöntemi ile çözeltiliye alınan bitki örnekleri ve değişik sömürücü çözeltilerle elde edilen toprak ekstraktlarında Cu tayinleri, Perkin-Elmer Model 360 atomik absorpsiyon spektrofotometresinde uygun Cu standartları ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çizelge 1'in incelenmesinden de görüleceği gibi, bitkiye elverişli toprak bakımının ekstraksiyonunda pyrofosfatın etkililiğinin öteki kilyet yapıcı maddelerle karşılaştırılması amacına yö-

nelik bu çalışmada kullanılan toprak örneklerinin pH düzeyleri 8.22-8.70; kireç kapsamları % 0.5-57.9; organik madde kapsamları % 0.85-4.49 ve kation değişim kapasiteleri (KDK) 2.7-

Çizelge 2. Değişik kaleyit yapıcılarla toprak örneklerinden sömürülen Cu konsantrasyonları. Çizelgedeki değerler iki paralel ortalamasıdır.

(Cu concentrations extracted with various extractants from the soils. Each figure in the table is an average of two).

Top. No.	Cu-Ekstraksiyon Yöntemleri									
	Yön-LN	Yön-NR	Yön-jY	Yön-ET	Yöntem—E			Yöntem—F		
					E ₁	E ₂	E ₃	F ₁	F ₂	F ₃
	ppm Cu									
1	3.96	6.28	8.38	7.97	0.75	1.17	3.18	0.83	1.30	3.17
2	2.69	4.22	5.88	6.12	0.58	0.78	2.31	0.62	0.93	2.10
3	13.59	23.86	28.36	24.47	2.63	4.75	11.05	2.58	5.27	11.45
4	2.39	3.76	4.42	4.73	1.09	1.61	3.20	0.90	1.01	3.28
5	8.88	13.32	17.28	17.48	2.58	4.09	8.01	2.37	4.37	8.20
6	1.82	2.60	3.62	3.88	2.59	2.74	3.80	2.28	2.93	3.74
7	7.28	11.80	15.32	14.25	1.26	1.78	4.81	1.14	1.99	4.83
8	1.52	2.58	3.42	4.00	0.44	0.47	1.41	0.31	0.52	1.50
9	1.68	2.76	3.60	4.12	0.76	1.05	1.86	0.54	0.91	1.94
10	2.06	3.40	4.32	6.42	0.86	1.19	2.55	0.73	1.37	2.48
11	5.52	9.06	12.02	11.42	1.14	1.67	4.47	0.91	1.99	4.75
12	3.70	5.38	6.86	7.13	0.95	1.89	4.03	0.87	1.84	4.05
13	1.34	2.26	2.88	2.77	0.66	0.76	2.16	0.53	1.17	2.07
14	3.24	4.50	5.86	5.87	1.12	1.28	3.20	1.11	1.59	3.20
15	9.80	8.00	22.50	24.50	3.49	5.40	10.20	3.01	5.20	9.85
16	5.28	7.78	10.20	10.47	1.53	1.99	3.98	1.19	2.13	4.43
17	8.76	13.58	16.24	16.12	3.12	4.69	9.30	2.94	5.12	9.38
18	9.48	14.36	16.92	17.27	1.61	2.69	6.83	1.40	3.03	7.03
19	6.24	9.80	12.40	11.37	1.30	2.22	5.32	1.12	2.50	5.67
20	5.76	8.80	10.40	16.23	1.51	1.85	4.64	1.38	2.28	4.81
21	2.07	3.36	5.06	5.43	0.52	1.42	3.06	0.36	0.72	1.65
22	2.79	4.44	5.18	8.92	1.13	1.65	3.30	1.07	1.91	3.58
23	0.89	1.60	2.14	2.87	0.75	0.82	1.98	0.51	1.03	2.07
Orta.	4.83	7.74	9.72	10.17	1.44	2.04	4.49	1.25	2.27	4.61

E1, E2, E3 sırasıyla 0.005, 0.01 ve 0.02 M Na₄P₂O₇ çözeltisini simgeler.

F1, F2, F3 sırasıyla 0.005, 0.01 ve 0.02 M Na₄P₂O₇ çözeltisini simgeler.

39.5 me./100 g. sınır değerleri arasında değişmektedir.

Aralarında pyrofosfat çözeltilerinin de bulunduğu değişik kileyt yapıcı sömürücülerle toprak örneklerinden ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları, iki paralel ortalaması olarak çizelge 2'de sergilenmiştir. Yirmi üç toprak örneği için çizelgenin alt sırasında verilen ortalama değerler incelendiği zaman, ekstrakte edilen Cu konsantrasyonlarına bağlı olarak denemeye alınan yöntemlerin, ET (10.17 ppm Cu) > jY (9.72 ppm Cu) > NR (7.74 ppm Cu) > LN (4.61 ppm Cu) > F (4.61 ppm Cu) \geq E (4.49 ppm Cu) sırasına uygun biçimde dizildikleri görülür. Yöntem ET ile en yüksek Cu, 24.50 ve 24.47 ppm değerleriyle 15 ve 3 numaralı toprak örneklerinden; en düşük düzeyde Cu ise 2.77 ve 2.87 ppm değerleriyle 13 ve 23 numaralı toprak örneklerinden ekstrakte edilmiştir. L N, NR ve jY ile simgelenen yöntemlerle en fazla Cu, 13.59, 23.86 ve 28.36 ppm değerleriyle 3 numaralı toprak örneğinden; en düşük Cu ise 0.89, 1.60 ve 2.14 değerleriyle 23 numaralı toprak örneğinden ekstrakte edilmiştir. Yöntem E (E₃) ve F (F₃) ile en yüksek Cu 11.05 ve 11.45 ppm değerleriyle 3 numaralı; en düşük Cu ise 1.41 ve 1.5 ppm değerleriyle 8 numaralı topraktan ekstrakte edilmiştir.

Pyrofosfatın sömürücü olarak kullanıldığı iki yöntemde (Yön-E ve Yön-F); topraktan ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları, sömürücü çözeltilinin konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak E₃ > E₂ > E₁ > ve F₃ > F₂ > F₁ biçiminde artış göstermiştir. Bu yöntemlerde ekstrakte edilen bakırla ilgili mutlak değerlerin farklı olmasına

karşın, artışlardaki eğilim benzerliği nedeniyle, E ve F yöntemleri için sadece E₃ (0.02 M Na₄P₂O₇) ve F₃ (0.02 M Na₄P₂O₇) çözeltileriyle ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları doğrusal regresyon ve korelasyon analizlerinde dikkate alınmış, diğerleri ihmal edilmiştir.

Bakır ekstraksiyonu yönünden araştırmada kullanılan sömürme yöntemleri arasında bir ilişkinin bulunup bulunmadığını; bir ilişki varsa bunun önem derecesini saptayabilmek amacıyla, yöntemler arasında doğrusal regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Söz konusu istatistiksel analiz sonuçları çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'ün incelenmesinden de görüleceği gibi tüm yöntemler arasında P= 0.005 olasılık düzeyinde önemli ve doğrusal ilişkiler bulunmuştur. En yüksek ilişki, r= 0.997 değeriyle yöntem RN ve jY arasında; en düşük ilişki ise, r= 0.916 değeriyle yöntem ET ve F arasında saptanmıştır. Araştırmada kullanılan yöntemlerle topraktan ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları arasındaki yüksek korelasyon katsayıları, topraktan değişik yöntemlerle ekstrakte edilen Cu konsantrasyonlarının mutlak değerler olarak farklılıklar göstermesine karşın, eğilimleri açısından çok büyük benzerlikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgulara dayanılarak, araştırmaya konu topraklarda bitkiye yarayışlı toprak bakırının sömürülmesinde DTPA ve EDDHA gibi çok pahalı ve elde edilmesi güç yapay kileyt yapıcı maddeler yerine, EDTA ve Na₄P₂O₇ gibi ucuz ve elde edilmesi kolay ve her laboratuvarında bulunan kileyt yapıcıların kullanılabilceği söylenebilir. Ancak Na₄P₂O₇ ile gerçekteşti-

Çizelge 3. Değişik Cu ekstraksiyon yöntemleriyle toprak örneklerinin sömürülen Cu konsantrasyonları arasındaki doğrusal regresyon eşitlikleri ve korelasyon katsayıları.

(Linear regression equations and correlation coefficients between Cu concentrations extracted by various extractants)

Yöntem	NR	Y _j	LN	ET	E ₃	F ₃
NR	—	Y= 0.45 +1.198X r= 0.997 ^{xxx}	Y= 0.293+0.586X r= 0.992 ^{xxx}	Y= 1.7+1.095X r= 0.968 ^{xxx}	Y= 0.96+ 0.46X r= 0.955 ^{xxx}	Y= 0.992+0.467X r= 0.955 ^{xxx}
jY	—	—	Y= 0.084+0.488X r= 0.991 ^{xxx}	Y= 1.32+0.911X r= 0.967 ^{xxx}	Y= 0.824+0.377X r= 0.940 ^{xxx}	Y= 0.092+0.381X r= 0.935 ^{xxx}
LN	—	—	—	Y= 1.285+1.841X r= 0.961 ^{xxx}	Y= 0.79+0.766X r= 0.940 ^{xxx}	Y= 0.859+ 0.766X r= 0.938 ^{xxx}
ET	—	—	—	—	Y= 0.5+ 0.392X r= 0.922 ^{xxx}	Y= 0.577+0.396X r= 0.916 ^{xxx}
E ₃	—	—	—	—	—	Y= 0.072+1.01X r= 0.991 ^{xxx}
F ₃	—	—	—	—	—	—

xxx: P= 0.005 olasılık düzeyinde önemli.

rilen toprak ekstraksiyonlarında, toprak organik madde düzeyindeki artışa bağlı olarak süzük rengindeki koyulaşma veya süzüklerin renkli oluşu, özellikle kolorimetrik analizlerin yapılması gerektiği durumlarda bir dezavantaj olabilir. Bu gibi durumlarda, topraktan pyrofosfat ile ekstrakte edilen ve süzüğe geçen organik maddenin ortadan kaldırılması gerekir.

Araştırmanın ilk aşamasında elde edilen sonuçlar, araştırmada kullanılan

değişik Cu sömürme yöntemleriyle topraktan ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları ve aynı toprak örneklerinde yetiştirilen deneme bitkisinin topraktan kaldırdığı toplam Cu miktarları arasında önemli düzeyde ilişkilerin bulunup bulunmadığı konusunun araştırılması yönünde bir çalışmanın yapılmasını gerektirmiştir. Bu amaca yönelik çalışmanın sonuçları veya daha açık bir deyişle, serada yetiştirilen mısır bitkisinin topraktan kaldırdığı toplam Cu miktarları (Çizelge 4) ve değişik sö-

Çizelge 4. Saksı denemesi ve bitki analiz sonuçları*.
(Results of green house pot experiment and plant analysis).

Top. No.	Kuru madde (gr./saksı)	Bitki Cu konsantrasyonu (pmm)	Bitkinin topraktan kaldırdığı toplam Cu (μg Cu/saksı)
1	10.7	5.83	62.1
2	7.5	7.00	52.5
3	14.3	7.25	103.3
4	5.3	6.75	35.4
5	13.5	6.75	91.1
6	6.5	5.75	37.4
7	7.2	6.83	49.0
8	7.8	4.66	36.3
9	9.2	5.50	50.4
10	7.5	8.83	66.2
11	11.0	7.25	79.8
12	7.6	9.33	71.5
13	4.5	9.50	42.8
14	6.5	14.00	91.0
15	10.3	5.27	54.5
16	9.0	10.83	97.5
17	12.5	6.50	81.3
18	11.0	5.83	64.1
19	9.2	7.67	70.3
20	5.8	19.50	113.7
21	9.0	4.08	36.7
22	10.0	6.00	60.0
23	3.7	21.00	77.1

* Çizelgedeki değerler üç paralel ortalamasıdır.

mürme yöntemleriyle topraktan ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları (Çizelge 3) arasındaki doğrusal regresyon ve korelasyon analiz sonuçları, özet olarak Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge-deki korelasyon katsayılarının incelenmesi, araştırmada kullanılan Cu ekstraksiyon yöntemlerinin tümünün, bit-

kinin topraktan kaldırdığı toplam Cu miktarlarıyla $P=0.05$ olasılık düzeyinde önemli ve pozitif ilişkiler verdiğini ortaya koymaktadır. Bitki Cu alımı ile en yüksek ilişkiyi, $r=0.514$ değeriyle yöntem ET; en düşük düzeyde ilişkiyi ise, $r=0.461$ değeriyle yöntem E_3 vermiştir.

Çizelge 5. Bitkinin topraktan kaldırdığı toplam Cu ve değişik ekstraksiyon yöntemleriyle topraktan ekstrakte edilen Cu konsantrasyonları arasındaki doğrusal regresyon eşitlikleri ve korelasyon analizi sonuçları.

(Linear regression equations and correlation coefficients between Soil Cu and total plant Cu).

Ekstraksiyon yöntemi (y)	Bitki Cu alımı (x) (μg Cu/saksı)	
Yöntem—NR	$Y=51.882+1.859X$	$r=0.473^*$
Yöntem—jY	$Y=51.43+1.526X$	$r=0.466^*$
Yöntem—LN	$Y=49.87+3.37X$	$r=0.509^*$
Yöntem—ET	$Y=48.08+1.78X$	$r=0.514^*$
Yöntem— E_3	$Y=48.32+3.775X$	$r=0.461^*$
Yöntem— F_3	$Y=48.47+3.756X$	$r=0.466^*$

* $P=0.05$ olasılık düzeyinde önemli.

Elde edilen ve yukarıda tartışılan bulgular, bitkiye elverişli toprak bakımının sömürülmesinde, bu denemenin gerçekleştirildiği koşullar altında, sodyum pyrofosfatın bir Cu ekstraktantı olarak başarı ile kullanılabilceğini gösterir niteliktedir.

Asit tepkimeli ve organik topraklarda bitkiye yararlı toprak Cu durumunun belirlenmesinde, sodyum pyrofosfatın bir bakır sömürücüsü olarak kullanılabilirliğinin ayrıca araştırılması gerekir.

KAYNAKLAR

- Allison, L. E. 1965. Organic carbon. In C. A. Black et al. (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 1367-1378.
- Allison, L. E. and C. D. Moodie. 1965. Carbonate. In C. A. Black et al. ed. Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 1379-1396.
- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. In C. A. Black et al. ed. Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 902-904.

4. Cheng, R. L. and R. H. Bray. 1953. Two specific methods of determining copper in Soil and plant material. *Anal. Chem.* 25: 655-659.
5. Cox, F. R. and E. j. Kamprath, 1972. Micronutrient Soil Tests. In j. j. Mortvedt et al. ed. *Micronutrients in Agriculture* p. 289-317. Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.
6. Grewal, j. S., C. Lal and N. S. Randhawa. 1969. Evaluation of different methods for the determination of available copper in Soils of Ludhiana. *Ind. j. Agr. Sci.* 39: 877-885.
7. Haq A. U. and M. H. Miller 1972. Prediction of available Soil Zn, Cu, and Mn using chemical extractants. *Agronomy j.* 64: 779-782.
8. Hignett, T. P. 1969. Trends in technology. *The Fertilizer Soc. Proceedings* No. 108.
9. Lindsay, W. L. and W. R. Norvell, 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 42: 421-428.
10. Mengel, K. and E. A. Kirkby, 1978. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
11. Navrot, j. and S. Ravikovieth. 1968. Zn availability in calcareous Soils. II. Relationship between available Zn and response to Zn fertilization, *Soil Sci.* 105: 184-189.
12. Norvell, W. A. 1972. Equilibrium of metal chelates in soil solution. In j.j. Mortvedt ed. *Micronutrients in Agriculture*, p. 115-138. Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.
13. Oeien, A. and G. Semb. 1967. Investigations of analytical methods for soil copper by means of pot experiments and plant analysis. *Forsk. Fors. Landbruket* 18: 89-97.
14. Reith, j. W. S. 1968. Copper deficiency in crops in north-east Scotland. *j. Agr. Sci.* 70: 39-45.
15. Tinsley, j. and A. Salam. 1961. Chemical studies of soil organic matter. I. Extraction with aqueous solutions. *The journal of Soil Sci.* 12: 259-268.
16. Viets, F. G. 1962. Chemistry and availability of micronutrients. *j. Agr. Food Chem.* 10: 174.

EVALUATION OF Na₄P₂O₇ AS AN EXTRACTANT FOR PLANT AVAILABLE SOIL COPPER

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate sodium pyrophosphate (Na₄P₂O₇) as an extractant for plant available

soil copper. In order to reach this goal, relationships between copper concentrations extracted from 23 cal-

cerous soils with various chelating compounds (EDTA, DTPA, EDDHA) and copper extracted with $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ were determined. Relationships between total copper content of corn plants grown under green house conditions and copper extracted from the soils by EDTA, DTPA, EDDHA and $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ were also investigated.

Highly significant correlation coefficient found between copper concent-

rations extracted with various extractants and statistically significant correlation coefficient found between plant copper and copper extracted with various extractants including $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ suggest that $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ is a suitable extractant for plant available soil Cu and can be used in place of other chelating compounds for the soils used in this study.