

A talajok vas-, alumínium-, ólom- és krómtartalmának összehasonlítása KCl-EDTA, Lakanen-Erviö és töménysavas feltárással a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer, illetve a Vas megyei vizsgálatok alapján

MOLNÁROS IMRE és GRÁCZOL CSABA

Vas Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás, Tanakajd

A talajok felvehető és könnyen mobilizálható elemtartalmának meghatározásához a nemzetközi gyakorlatban használt kivonószerekről (LAKANEN, 1962, LAKANEN & ERVIÖ, 1971; KIEKENS & COTTENIE, 1982; SOLTANPOUR & SCHWAB, 1977), a kivonószert megválasztásának legfontosabb szempontjairól, a hazánkban használt KCl-EDTA (MSz–20135: 1999) kivonószerről, ill. a nemzetközi és a hazai eredmények összehasonlításának nehézségeiről az Agrokémia és Talajtan e kötetében megjelent cikkünk bevezetőjében szóltunk (MOLNÁROS & GRÁCZOL, 2000).

1992-ben 5 megye – Győr–Moson–Sopron, Somogy, Vas, Veszprém, Zala – 289 db TIM (Talajvédelmi és Információs Monitoring Rendszer) pontjának feltalajmintájából vizsgáltuk a réz, cink, mangán elemeket KCl-EDTA, Lakanen-Erviö (LE) kivonószerekkel és töménysavas feltárással (TS). Az oldatokat ICP-készülékkel elemeztük. A különböző kivonószerek eredményeit összehasonlítottuk és megnéztük, hogy a kapott értékek hogyan függnek a talaj kémhatásától, mésztartalmától, a kötöttségétől, humusztartalmától és agyagtartalmától. A TIM adatokat összehasonlítottuk a 11259 db Vas megyei minta KCl-EDTA kivonószerral kapott eredményeivel (MOLNÁROS & GRÁCZOL, 2000).

Jelen közleményünkben a többi nehézfém (Fe, Al, Pb, Cr) vizsgálati eredményéről számolunk be.

A Fe, Al, Pb és Cr elemekre a TIM nem vizsgálta a KCl-EDTA kivonószert, az irodalomban sem találtunk használható adatokat. A réz, cink és mangán elemeknél a TIM és a Vas megyei KCl-EDTA által kivont mennyiség és változása a talajtulajdonságokra hasonló volt, ezért az összehasonlításhoz – más lehetőség hiányában – a Vas megyei kötelező talajvizsgálatok eredményét használtuk fel. MARTH (1990) a LE vizsgálatok során a TIM eredményekhez hasonló értékeket kapott (Al, Mo és B elemeknél azonos, a többinél nagyságrendileg hasonlóak).

TIM-szelvények (1992) és Vas megyei talajok (1992–1996)

(1) Paraméter	(2) TIM-szelvények (n = 289)						
	(3) db	pH (KCl)	CaCO ₃ %	(4) K _A	(5) H %	Fe-	Fe-
						TS	LE
							mg/kg
A. pH(KCl) CaCO₃ %							
< 4,00	47	3,62	0,0	35	1,54	22936	168
4,00–5,50	71	4,78	0,0	36	1,53	22026	106
5,51–6,50	64	5,94	0,0	37	1,51	19971	106
> 6,50	0	-	-	-	-	-	-
> 6,50	22	6,82	0,5	39	2,04	16394	90
> 6,50	25	7,08	2,7	43	2,54	21413	114
> 6,50	35	7,26	9,1	41	2,46	14377	105
> 6,50	25	7,34	30,0	47	2,87	8663	157
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	19155	120
b) Szórás		1,34	9,7	8,9	1,02	21497	83,8
CV %		23,4	231	23,2	54,2	112	70
B. Humusz, H %							
< 1,00	27	4,85	1,4	32	0,80	19658	90
1,00–1,50	102	5,39	1,4	34	1,25	18643	99
1,51–2,00	80	5,67	2,9	39	1,75	20817	125
2,01–2,50	28	6,26	5,1	41	2,26	23509	108
2,51–3,00	16	6,56	12,2	45	2,74	18028	142
3,01–3,50	12	6,60	11,0	44	3,20	16410	116
3,51–4,00	6	5,74	5,4	46	3,79	17993	169
4,01–4,50	6	6,78	18,0	52	4,25	12869	226
4,51–5,00	4	7,14	18,0	56	4,74	9558	189
> 5,01	8	7,14	14,9	55	5,34	9017	277
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	19155	120
b) Szórás		1,34	9,7	8,9	1,02	21497	83,8
CV %		23,4	231	23,2	54,2	112	70
C. Kötöttség, K_A							
25–30	59	5,06	1,4	27	1,33	8453	117
31–37	72	5,76	3,2	34	1,57	12948	108
38–42	79	5,73	3,1	40	1,80	23565	111
43–50	56	6,12	7,6	46	2,25	28915	122
51–60	19	6,22	8,1	55	3,38	30862	171
61–80	4	7,17	19,5	67,5	5,25	9371	284
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	19155	120
b) Szórás		1,34	9,7	8,9	1,02	21497	83,8
CV %		23,4	231	23,2	54,2	112	70

táblázat
néhány talajtulajdonsága és vas vizsgálati eredményei

Fe- TS (6) arány*	(7) Vas megyei talajok (n = 11259)						
	(3) db	pH (KCl)	CaCO ₃ %	(4) K _A	(5) H %	Fe- EDTA mg/kg	Fe- EDTA (6) arány*
136	156	3,86	0,0	34	1,46	303	1,80
208	3985	4,92	0,0	39	1,64	257	2,42
189	3925	5,96	0,0	42	1,74	281	2,65
-	77	6,78	0,0	38	1,68	308	
181	1586	6,89	0,4	41	1,83	275	3,04
188	731	7,11	3,0	41	2,12	83	0,73
137	535	7,24	8,8	41	2,62	42	0,40
55	264	7,25	23,2	43	2,66	34	0,22
160		5,87	1,2	41	1,80	242	2,02
		0,93	4,1	9,68	0,68	375	
		15,81	335	23,8	37,8	155	
218	448	5,52	0,2	32	0,84	237	2,63
188	3730	5,64	0,5	36	1,30	230	2,31
166	4164	5,87	0,8	41	1,73	230	1,84
217	1664	6,05	1,5	46	2,24	271	2,50
127	589	6,29	3,0	50	2,73	261	1,84
142	266	6,51	4,4	50	3,24	262	2,26
106	169	6,49	7,4	52	3,75	461	2,73
57	149	6,83	8,3	52	4,24	228	1,01
50	66	6,59	6,5	57	4,72	197	1,04
33	14	5,82	7,8	57	5,52	265	0,96
160		5,87	1,2	41	1,80	242	2,02
		0,93	4,1	9,68	0,68	375	
		15,81	335	23,8	37,8	155	
73	1956	5,57	0,5	28	1,34	235	2,01
120	2271	5,96	1,4	34	1,60	202	1,87
212	2518	5,81	1,3	40	1,76	203	1,82
237	3083	5,97	1,4	46	1,99	242	1,98
180	964	6,10	1,5	55	2,20	328	1,92
33	467	5,86	0,6	66	2,84	506	1,78
160		5,87	1,2	41	1,80	242	2,02
		0,93	4,1	9,68	0,68	375	
		15,81	335	23,8	37,8	155	

1. táblázat folytatása

(1) Paraméter	(2) TIM-szelvények (n = 289)							
	(3) db	pH (KCl)	CaCO ₃ %	(4) K _A	(5) H %	Fe-TS mg/kg	Fe-LE mg/kg	Fe-TS (6) arány*
D. Agyag %								
< 10	30	5,04	1,1	34	1,66	13614	113	120
10–15	46	5,56	3,8	35	1,82	13912	132	105
15,1–20	72	5,79	5,1	38	2,01	18483	120	154
20,1–25	65	5,80	3,8	41	1,91	23616	118	200
25,1–30	43	5,80	3,9	40	1,82	21212	116	182
30,1–35	17	6,27	8,1	41	2,02	30598	141	217
35,1–40	12	5,86	5,7	39	1,91	12270	96	128
> 40	4	6,96	4,7	40	1,67	10519	73	144
a) Átlag		5,73	4,2	38	1,88	19155	120	160
b) Szórás		1,34	9,7	8,94	1,02	21497	83,8	
CV %		23,4	231	23,2	54,2	112	70	

* Fe-LE = 1

Anyag és módszer

Fent hivatkozott közleményünkben (MOLNÁROS & GRÁCZOL, 2000) ismertettük az alkalmazott kötöttségi kategóriákat, pH- és mésztartalom kategóriákat, valamint az alkalmazott kivonószereket és módszereket (KCl-EDTA, Lakanen-Erviö (LE) és töménysavas (TS) feltárást).

A KCl-EDTA és a töménysav által kivont mennyiségeket viszonyítottuk a Lakanen-Erviö kivonószerehez (LE = 1). A LE-t nagyobb elterjedtsége miatt választottuk egységnek.

Korrelációs számítást végeztünk elemenként a LE és TS kivonószernél az általuk kivont mennyiség és a talajtulajdonságok között, továbbá a talajtulajdonságok közötti összefüggést is vizsgáltuk. A korrelációs mátrixot az 5. táblázat tartalmazza.

Az eredmények értékelése

Vas vizsgálatok

A 289 db TIM és 11259 db Vas megyei talajminta átlagában kivonószerekenként a Fe-tartalom és -arány (a LE-hez viszonyítva) a következő:

LE (TIM):	120 mg/kg	1
KCl-EDTA (Vas m):	238 mg/kg	2,02
TS (TIM):	19155 mg/kg	160

A kémhatás (pH (KCl) és mésztartalom (CaCO₃ %) függvényében (1. táblázat): a pH emelkedésével 1 % mésztartalomig mindhárom kivonószernél csökken a kivont Fe-mennyiség. 1 % feletti CaCO₃-nál a LE kivonószere esetében

tében nem változik, TS-nél CaCO_3 5 %-ig emelkedik, majd egyenletesen csökken. KCl–EDTA kivonószerek alkalmazásakor 1 % feletti mésztartalomnál a kivont Fe-mennyiség több mint 1/3-ára csökken.

A LE-hez viszonyított arány a kémhatás és mésztartalom emelkedésével KCl–EDTA-nál 1 % CaCO_3 tartalomig 1,80-ról 3,04-re emelkedik, 1 % felett 0,22-re csökken. TS-nél pH (KCl) 4,00 felett 208-ról a 15 % feletti mésztartalomnál 55-re csökken.

Az eredmények azt mutatják, hogy a pH és mésztartalom növekedésével a talaj összes kivonható Fe-tartalma csökken. A felvehető, mobilizálható elem-tartalom KCl–EDTA kivonószernél szintén csökken, LE-nél mésztartalom esetén lényegesen nem változik.

A biometriai értékelés alapján a pH-val a LE és TS kivonószernél negatív, nem igazolható kapcsolat van, a mésztartalommal LE esetében pozitív ($r = 0,19^{xx}$) TS-nél negatív ($r = -0,17^{xx}$) korreláció van.

A humusztartalom (H %) függvényében (1. táblázat): csak a LE kivonószernél állapítható meg szorosabb kapcsolat ($r = 0,39^{xxx}$), amely valószínűleg a kémhatás és mésztartalom elsődleges, meghatározó hatásával magyarázható.

A kötöttség (K_A) függvényében (1. táblázat): K_A 30 felett a kötöttség növekedésével mindhárom kivonószernél egyenletesen nő a kivont Fe-mennyiség, amely feltehetőleg a magasabb kolloidtartalommal magyarázható (LE: $r = 0,23^{xxx}$, TS: $r = 0,30^{xxx}$).

A LE-hez viszonyított arány TS-nél K_A 50-ig 73-ról 237-ig emelkedik, KCl–EDTA-nál az arány lényegesen nem változik, átlagosan 2.

Az agyagtartalom (A %) (1. táblázat) emelkedésével TS kivonószerek esetében 35 A %-ig egyenletesen nő, e felett hirtelen csökken az oldott Fe-mennyiség. (A 35 A % feletti csökkenés az adatok kis száma miatt nem értékelhető.) LE kivonószernél az agyagtartalom növekedésével – a 30–35 A %-os kategóriát kivéve – csökken a kivont Fe-mennyiség, amely ellentétes irányú a kötöttségnél tapasztaltakkal. Az agyagtartalmat a Vas megyei talajok esetében KCl–EDTA kivonószernél nem vizsgáltuk.

A LE és TS kivonószerek között a biometriai értékelés alapján nincs megbízható kapcsolat.

Alumínium vizsgálatok

A TIM és Vas megyei talajminták átlagában kivonószerenként az Al-tartalom és -arány a következő:

LE (TIM):	81 mg/kg	1
EDTA (Vas m):	94 mg/kg	1,2
TS (TIM):	6580 mg/kg	81

2. táblázat
TIM-szelvények (1992) (n = 289) és Vas megyei talajok (1992–1996) (n = 11259)
alumínium vizsgálati eredményei

(1) Paraméter	TIM-szelvények			Vas megyei talajok	
	Al-TS	Al-LE	Al-TS	Al-EDTA	Al-EDTA
	mg/kg		(2) arány*	mg/kg	(2) arány*
A. pH(KCl) CaCO₃ %					
< 4,00	5972	200	30	170	0,85
4,00–5,50	6271	82	76	118	1,44
5,51–6,50	6703	53	125	101	1,89
> 6,50	-	-	-	96	
> 6,50 0,0	6443	49	131	86	1,76
> 6,50 0,1–1,0	8493	69	122	23	0,33
> 6,50 1,1–5,0	6673	37	180	7	0,19
> 6,50 5,1–15,0	6364	28	230	5	0,19
> 6,50 > 15					
a) Átlag	6580	81	81	94	1,16
b) Szórás	3184	78,3		49	
CV %	48	96		52	
B. Humusz, H %					
< 1,00	5885	90	66	90	1,00
1,00–1,50	5740	75	77	98	1,31
1,51–2,00	6520	89	73	99	1,10
2,01–2,50	7555	88	85	95	1,07
2,51–3,00	7978	54	149	77	1,44
3,01–3,50	7598	65	117	64	0,99
3,51–4,00	9640	162	59	67	0,42
4,01–4,50	7230	51	141	42	0,83
4,51–5,00	5937	29	202	63	2,13
> 5,01	10068	94	107	87	0,92
a) Átlag	6580	81	81	94	1,16
b) Szórás	3184	78,3		49	
CV %	48	96		52	
C. Kötöttség, K_A					
25–30	3311	81	41	98	1,21
31–37	5621	74	76	83	1,11
38–42	7433	90	83	92	1,02
43–50	8410	85	99	97	1,14
51–60	10230	48	215	99	2,07
61–80	12261	136	90	116	0,85
a) Átlag	6580	81	81	94	1,16
b) Szórás	3184	78,3		49	
CV %	48	96		52	

2. táblázat folytatása

(1) Paraméter	TIM-szelvények			Vas megyei talajok	
	Al-TS	Al-LE	Al-TS	Al-EDTA	Al-EDTA
	mg/kg		(2) arány*	mg/kg	(2) arány*
D. Agyag %					
< 10	4786	88	55	-	-
10–15	5327	84	64	-	-
15,1–20	6556	83	79	-	-
20,1–25	7414	80	93	-	-
25,1–30	7301	91	80	-	-
30,1–35	7462	50	149	-	-
35,1–40	7873	76	104	-	-
> 40	5944	46	130	-	-
a) Átlag	6580	81	81	-	-
b) Szórás	3184	78,3		-	-
CV %	48	96		-	-

* Al-LE = 1

A kémhatás (pH (KCl) és mésztartalom (CaCO_3 %)) (2. táblázat) emelkedésével a kivont Al-mennyiség LE és KCl-EDTA kivonószereknél folyamatosan csökken. A legnagyobb csökkenés a 4,00–5,00 pH-tartományban figyelhető meg, amely igazolja, hogy 4 alatti pH-nál toxikus mennyiség kerülhet felvehető állapotba. TS esetében a kioldott mennyiség CaCO_3 5 %-ig nő, ezt követően csökken. A növekedés oka valószínűleg a kötöttség növekedésével, a csökkenés a mésztartalom növekedésével függ össze.

A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA-nál 1 % mésztartalomig nő, e felett töredékére csökken; TS-nél a pH és mésztartalom növekedésével nő, pH > 5,50 és 5 % mésztartalom között stagnál. A LE elsősorban a pH-val ($r = 0,63^{\text{xxx}}$), de a mésztartalommal is ($r = 0,26^{\text{xxx}}$) megbízhatóan jó összefüggést mutat. A TS-sel gyakorlatilag nincs összefüggés.

A humusztartalom (H%) függvényében (2. táblázat) az LE és KCl-EDTA kivonószereknél a kivont Al-mennyiség alapján két csoport képezhető: 2,50 % humusztartalomig LE-nél 86 mg/kg, 2,50 H % felett átlagosan 50 mg/kg; KCl-EDTA-nál 2,50 H %-ig 96 mg/kg, e felett átlagosan 66 mg/kg. TS-nél 4 H %-ig növekvő tendenciát mutat, e felett csökken.

A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA-nál nem mutat összefüggést, TS-nél 3 H %-ig nő, ezt követően a kevés adat miatt nem értékelhető. A biometria értékelés alapján a humusztartalomnak csak a TS-sel van megbízható kapcsolata ($r = 0,27^{\text{xxx}}$).

A kötöttség (K_A) (2. táblázat) növekedésével LE kivonószernél K_A 50-ig a kivont Al-mennyiség mérsékelten emelkedik, majd csökken, KCl-EDTA ese-

tén nincs változás, TS-nél a kötöttséggel végig meredeken emelkedik a kivont Al-mennyiség, ami valószínűleg a kolloidtartalommal függ össze. (A durvább talajszemcsékből csak kisebb mennyiséget tud kioldani.)

A LE-hez viszonyított arány az előbbiekből következően TS-nél 41-ről 215-re emelkedik, KCl-EDTA-nál nem változik, átlagosan 1,16.

A TS a kötöttséggel kiemelkedően szoros kapcsolatot mutat ($r = 0,68^{xxx}$), a LE-vel nincs összefüggés. A LE és TS kivonószerek közötti kapcsolat ($r = 0,17^{xx}$) $P = 1\%$ szinten megbízható.

Az *agyagtartalom* (A %) függvényében (2. táblázat) LE kivonószernél nem mutatkozik összefüggés, TS esetében 25 A %-ig növekszik, ezt követően stagnál.

A LE-hez viszonyított arány TS-nél az agyagtartalom növekedésével 35 A %-ig folyamatosan nő, majd lényegesen nem változik. A külföldi szakirodalom nem használja az Arany-féle kötöttséget (K_A), értékelésünk során azonban megállapítottuk, hogy az összes elemtartalom ill. felvehetőség vizsgálatához a legalkalmasabb mérőszám. A mechanikai összetétel alkalmatlan e vizsgálatokhoz, az agyagtartalom az előbbinél használhatóbb, de a K_A -t nem éri el.

Ólom vizsgálatok

A TIM és Vas megyei talajminták átlagában kivonószereknél a Pb-tartalom és -arány a következő:

LE (TIM):	2,93 mg/kg	1
EDTA (Vas m):	3,87 mg/kg	1,3
TS (TIM):	11,30 mg/kg	3,8

A *kémhatás* (pH (KCl)) és *mész*tartalom ($CaCO_3$ %) függvényében (3. táblázat) LE és TS kivonószereknél nem találtunk elfogadható összefüggést. A nagy számú Vas megyei KCl-EDTA kivonószeres vizsgálatnál az összefüggés megbízhatónak látszik. A pH emelkedésével pH 6,50-ig emelkedik, 1 % $CaCO_3$ -ig stagnál, ezt követően csökken a kivont Pb-mennyiség.

A LE-hez viszonyított arány pH 5,51–6,50 között a legmagasabb (1,67) és 5,1–15,0 % mész tartalomnál a legalacsonyabb (0,74). A LE kivonószere sem a pH-val, sem a mész tartalommal nem mutat kapcsolatot. A TS a pH-val is ($r = -0,22^{xxx}$) és a mész tartalommal is ($r = -0,12^x$) negatív összefüggést jelez.

A *humusztartalom* (H %) függvényében (3. táblázat) LE kivonószernél a humusztartalom növekedésével 3,50 H %-ig nő a kivont Pb-mennyiség. (Az adatok kis száma miatt e felett nem értékelhető.) KCl-EDTA-nál 2,0 H %-ig emelkedik, majd stagnál a kivont Pb-mennyiség, e felett már hullámzik.

A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA kivonószernél 1,77-ről a H % növekedésével 0,51-re csökken, TS-nél 3,50 H %-ig csökkenés mutatkozik, e felett a kevés adat miatt nem értékelhető.

3. táblázat
TIM-szelvények (1992) (n = 289) és Vas megyei talajok (1992-1996) (n = 11259)
ólom vizsgálati eredményei

(1) Paraméter	TIM-szelvények			Vas megyei talajok		
	Pb-TS	Pb-LE	Pb-TS	Pb-EDTA	Pb-EDTA	
	mg/kg		(2) arány*	mg/kg	(2) arány*	
A. pH(KCl) CaCO₃ %						
< 4,00	12,7	3,42	3,7	3,55	1,04	
4,00-5,50	12,0	2,35	5,1	3,88	1,65	
5,51-6,50	11,4	2,53	4,5	4,22	1,67	
> 6,50	0,0	-	-	3,94	-	
> 6,50	0,1-1,0	10,8	3,17	3,4	4,15	1,31
> 6,50	1,1-5,0	11,9	4,21	2,8	3,28	0,78
> 6,50	5,1-15,0	8,82	3,36	2,6	2,48	0,74
> 6,50	> 15	9,35	2,64	3,5	2,38	0,90
a) Átlag	11,3	2,93	3,8	3,89	1,33	
b) Szórás	4,98	1,68		1,31		
CV %	44	57		34		
B. Humusz, H %						
< 1,00	10,0	1,95	5,15	3,44	1,77	
1,00-1,50	11,0	2,42	4,57	3,72	1,54	
1,51-2,00	12,1	3,09	3,90	4,13	1,34	
2,01-2,50	11,3	3,48	3,25	4,04	1,16	
2,51-3,00	10,7	3,06	3,51	3,87	1,27	
3,01-3,50	13,8	4,31	3,20	3,67	0,85	
3,51-4,00	12,0	2,85	4,20	3,22	1,13	
4,01-4,50	8,29	3,14	2,63	2,88	0,92	
4,51-5,00	14,6	5,75	2,54	2,94	0,51	
> 5,01	7,98	5,42	1,47	3,24	0,60	
a) Átlag	11,3	2,93	3,8	3,89	1,33	
b) Szórás	4,98	1,68		1,31		
CV %	44	57		34		
C. Kötöttség, K_A						
25-30	8,35	2,18	3,83	3,49	1,60	
31-37	10,6	2,65	4,01	3,70	1,39	
38-42	13,0	3,18	4,09	3,98	1,25	
43-50	12,7	3,39	3,75	4,24	1,25	
51-60	12,0	3,22	3,71	3,79	1,18	
61-80	8,42	6,37	1,32	3,95	0,62	
a) Átlag	11,3	2,93	3,8	3,89	1,33	
b) Szórás	4,98	1,68		1,31		
CV %	44	57		34		

(1) Paraméter	TIM-szelvények			Vas megyei talajok	
	Pb-TS	Pb-LE	Pb-TS	Pb-EDTA	Pb-EDTA
	mg/kg		(2) arány*	mg/kg	(2) arány*
D. Agyag %					
< 10	10,9	2,67	4,06	-	-
10–15	10,2	2,75	3,69	-	-
15,1–20	11,3	2,85	3,97	-	-
20,1–25	11,5	3,05	3,79	-	-
25,1–30	12,4	3,22	3,84	-	-
30,1–35	11,7	3,27	3,59	-	-
35,1–40	10,4	2,55	4,08	-	-
> 40	11,2	2,97	3,79	-	-
a) Átlag	11,3	2,93	3,8		
b) Szórás	4,98	1,68			
CV %	44	57			

* Pb-LE = 1

A biometriai értékelés alapján csak a LE kivonószert mutat megbízható kapcsolatot a humusztartalommal ($r = 0,39^{xxx}$).

A kötöttség (K_A) függvényében (3. táblázat): Az LE, KCl-EDTA és TS kivonószereknél K_A 50-ig egyenletesen emelkedik a kivont Pb-mennyiség, e felett csökken. MOLNÁROS (1997) a Vas megyei talajok értékelése alapján a legmagasabb Pb-tartalmat (KCl-EDTA) a 47–50 kötöttségű pszeudoglejes talajokon találta.

A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA kivonószernél folyamatosan csökkent (1,60-ról 0,62-re), TS-nél K_A 42-ig nő, majd csökken.

A kötöttséggel a LE kivonószert mutat jobb összefüggést ($r = 0,31^{xxx}$), de a TS kapcsolata is megfelelő ($r = 0,23^{xxx}$).

Az agyagtartalom (A %) függvényében (3. táblázat) az LE és TS kivonószereknél 35 A %-ig folyamatosan mérsékelten emelkedik a kivont Pb-mennyiség, majd csökken. A TS által kivont mennyiség LE-hez viszonyított aránya 3,69 és 4,08 között váltakozik.

A LE és TS kivonószerek között megfelelő kapcsolat van ($r = 0,35^{xxx}$).

A vizsgálatba vont talajok nem mutattak szennyezettséget, tehát megközelítően a talajok természetes Pb-tartalmát vizsgálhattuk. A talajok ásványi összetétele meghatározza az elemtartalmat, a vizsgált talajtulajdonságok közül a kötöttséggel (K_A) mutatkozik a legszorosabb kapcsolat.

4. táblázat

TIM-szelvények (1992) (n = 289) és Vas megyei talajok (1992-1996) (n = 11259)
króm vizsgálati eredményei

(1) Paraméter	TIM-szelvények			Vas megyei talajok		
	Cr-TS	Cr-LE	Cr-TS	Cr-EDTA	Cr-EDTA	
	mg/kg		(2) arány*	mg/kg	(2) arány*	
A. pH(KCl) CaCO₃ %						
< 4,00	12,4	0,16	78	0,12	0,76	
4,00-5,50	13,8	0,07	212	0,13	1,92	
5,51-6,50	14,0	0,05	286	0,13	2,65	
> 6,50	0,0	-	-	0,13	-	
> 6,50	0,1-1,0	12,0	0,06	191	0,18	2,88
> 6,50	1,1-5,0	13,1	0,10	131	0,15	1,46
> 6,50	5,1-15,0	11,7	0,16	72	0,09	0,54
> 6,50	> 15	10,2	0,19	54	0,09	0,47
a) Átlag	12,9	0,10	125	0,13	1,30	
b) Szórás	6,35	0,18		0,24		
CV %	49,3	175,5		180,0		
B. Humusz, H %						
< 1,00	12,2	0,19	66	0,11	0,57	
1,00-1,50	12,5	0,07	169	0,13	1,70	
1,51-2,00	13,6	0,08	163	0,14	1,67	
2,01-2,50	12,9	0,08	152	0,16	1,91	
2,51-3,00	12,8	0,10	135	0,10	1,10	
3,01-3,50	13,8	0,21	65	0,10	0,45	
3,51-4,00	14,7	0,12	121	0,10	0,83	
4,01-4,50	10,3	0,09	118	0,07	0,83	
4,51-5,00	12,0	0,16	78	0,10	0,63	
> 5,01	11,9	0,27	44	0,45	1,63	
a) Átlag	12,9	0,10	125	0,13	1,30	
b) Szórás	6,35	0,18		0,24		
CV %	49,3	175,5		180,0		
C. Kötöttség, K_A						
25-30	8,24	0,12	71	0,13	1,14	
31-37	12,3	0,08	164	0,17	2,32	
38-42	14,2	0,10	136	0,14	1,31	
43-50	15,7	0,12	133	0,11	0,92	
51-60	15,3	0,10	150	0,10	1,03	
61-80	13,7	0,16	84	0,14	0,84	
a) Átlag	12,9	0,10	125	0,13	1,30	
b) Szórás	6,35	0,18		0,24		
CV %	49,3	175,5		180,0		

4. táblázat folytatása

(1) Paraméter	TIM-szelvények			Vas megyei talajok	
	Cr-TS	Cr-LE	Cr-TS	Cr-EDTA	Cr-EDTA
	mg/kg		(2) arány*	mg/kg	(2) arány*
D. Agyag %					
< 10	10,3	0,12	84	-	-
10–15	10,7	0,13	84	-	-
15,1–20	12,7	0,09	138	-	-
20,1–25	14,8	0,08	184	-	-
25,1–30	13,9	0,09	160	-	-
30,1–35	14,2	0,20	71	-	-
35,1–40	13,1	0,06	221	-	-
> 40	11,3	0,11	107	-	-
a) Átlag	12,9	0,10	125		
b) Szórás	6,35	0,18			
CV %	49,3	175,5			

* Cr-LE = 1

Króm vizsgálatok

A TIM és a Vas megyei talajminták átlagában kivonószereként a Cr-tartalom és -arány a következő:

LE (TIM):	0,10 mg/kg	1
EDTA (Vas m):	0,13 mg/kg	1,3
TS (TIM):	12,87 mg/kg	125,4

A kémhatás (*pH* (KCl) és mésztartalom (CaCO_3 %) függvényében (4. táblázat) a következők állapíthatók meg: LE kivonószernél a kivont króm mennyisége a *pH* növekedésével csökken, majd a mésztartalom emelkedésével rohamosan nő. KCl-EDTA kivonószere esetében a *pH* növekedésével 1 % CaCO_3 -ig nő, ezt követően felére csökken a kivont Cr-mennyiség. TS-nél *pH* 6,50-ig nő, a mésztartalom növekedésével csökkenő tendenciát mutat.

A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA esetén 1 % CaCO_3 -ig rohamosan nő, majd hasonlóan csökken. TS-nél *pH* 6,50-ig gyorsan nő, majd rohamosan csökken. A *pH*-val nem, a mésztartalommal $P = 5$ % szinten megbízható összefüggés van a LE (0,13^x) és TS (-0,13^x) kivonószereknél.

A humusztartalom (*H* %) függvényében (4. táblázat) a kivont Cr-mennyiség a következőképpen alakul: LE kivonószernél < 1,00 *H* %-nál igen magas, majd 1–3,50 *H* %-ig háromszorosára nő, ezt követően a kevés adat miatt nem értékelhető. KCl-EDTA esetében 2,50 *H* %-ig nő, 2,50–4,00 *H* % között stagnál, e felett hullámzik a kivont Cr-mennyiség. TS-nél 4,00 % humusztartalomig növekszik, majd csökken.

5. táblázat
Korrelációs mátrix

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1. pH (KCl)	1	0,45 ^{xxx}	0,33 ^{xxx}	0,28 ^{xxx}	-0,14 ^x	-0,15	-0,63 ^{xxx}	0,09	0,04	-0,22 ^{xxx}	0,09	-0,11
2. CaCO ₃	0,45 ^{xxx}	1	0,40 ^{xxx}	0,29 ^{xxx}	0,19 ^{xx}	-0,17 ^{xx}	-0,26 ^{xxx}	-0,04	0,03	-0,12 ^x	0,13 ^x	-0,13 ^x
3. Humusz	0,33 ^{xxx}	0,40 ^{xxx}	1	0,59 ^{xxx}	0,39 ^{xxx}	-0,08	0,00	0,27 ^{xxx}	0,39 ^{xxx}	0,01	0,05	0,00
4. Kööttség	0,28 ^{xxx}	0,29 ^{xxx}	0,59 ^{xxx}	1	0,23 ^{xxx}	0,30 ^{xxx}	0,01	0,68 ^{xxx}	0,31 ^{xxx}	0,23 ^{xxx}	0,09	0,35 ^{xxx}
5. Fe-LE	-0,14 ^x	0,19 ^{xx}	0,39 ^{xxx}	0,23 ^{xxx}	1	0,06						
6. Fe-TS	-0,15	-0,17 ^{xx}	-0,08	0,30 ^{xxx}	0,06	1						
7. Al-LE	-0,63 ^{xxx}	-0,26 ^{xxx}	0,00	0,01			1	0,17 ^{xxx}				
8. Al-TS	0,09	-0,04	0,27 ^{xxx}	0,68 ^{xxx}			0,17 ^{xxx}	1				
9. Pb-LE	0,04	0,03	0,39 ^{xxx}	0,31 ^{xxx}					1	0,35 ^{xxx}		
10. Pb-TS	-0,22 ^{xxx}	-0,12 ^x	0,01	0,23 ^{xxx}					0,35 ^{xxx}	1		
11. Cr-LE	0,09	0,13 ^x	0,05	0,09							1	-0,01
12. Cr-TS	-0,11	-0,13 ^x	0,00	0,35 ^{xxx}							-0,01	1

A LE-hez viszonyított arány 2,50 H %-ig 0,57-ről 1,91-ig nő, majd 0,80 körül ingadozik. TS-nél 1 % humusztartalom felett csökkenő tendenciát mutat (169-ről 65-re). A biometriai értékelés alapján a humusszal a kivonószerek nem mutatnak elfogadható összefüggést.

A kötöttség (K_A) függvényében (4. táblázat) LE-nél nem állapítható meg összefüggés, 10 mg/kg körül szóródik a kivont Cr-mennyiség. KCl-EDTA kivonószernél K_A 31 és 60 között egyenletesen csökken a kivont Cr, a két szélső kategóriában átlag feletti érték látható. TS-nél a kivont Cr-mennyiség végig közel a kétszeresére növekszik.

A LE-hez viszonyított arány KCl-EDTA-nál jelentősen ingadozik; a legmagasabb 2,32, a legalacsonyabb 0,84. A hullámváz a TS kivonószernél is tapasztalható, K_A 31–50 között egyenletesen csökken (az arány 71–164). A kötöttséggel csak a TS mutat megbízható kapcsolatot ($r = 0,35^{xxx}$).

Az agyagtartalom (A %) függvényében (4. táblázat) LE-nél nem állapítható meg összefüggés, 15 A % alatt és 30 A % felett található a legmagasabb kivont Cr-mennyiségek. A TS LE-hez viszonyított aránya 25 A %-ig nő, ezt követően csökkenő tendenciát mutat. A két kivonószert között nincs bizonyítható kapcsolat.

Összefoglalás

A vizsgálat alapvető célja, hogy értelmezni tudjuk a Magyarországon 1978 óta KCl-EDTA kivonószerral végzett mikroelem-vizsgálatok eredményét a nemzetközileg elterjedt Lakanen-Erviö kivonószeres eredmények tükrében. A TIM a teljes elemtartalom meghatározásához töménysavas kivonószert, a felvehető elemtartalomhoz Lakanen-Erviö kivonószert használt. Cu, Zn és Mn elemeknél a feltalajból KCl-EDTA vizsgálat is történt, de a többi mikroelemnél nem végezték el. Ezért az összehasonlításhoz a 11259 db Vas megyei minta KCl-EDTA vizsgálati eredményét használtuk fel. E minták más területről származnak mint a TIM, ezért közvetlenül nem hasonlíthatók össze, de a trendek megítéléséhez nagy segítséget nyújtanak. Cu, Zn és Mn elemeknél a TIM és a Vas megyei KCl-EDTA vizsgálatok eredményei nagyon hasonlóak voltak.

A viszonylag kis számú TIM minta és a más területekről származó KCl-EDTA adatok nem tették lehetővé szélesebb körű matematikai–statisztikai értékelések készítését. A korrelációs számítást a TIM vizsgálati eredményeivel végeztük el.

A vizsgálat eredménye a következő:

1. A 289 db TIM minta LE eredménye nagyságrendileg megegyezik a 11259 db Vas megyei KCl-EDTA vizsgálati eredményeivel. Ezek az értékek elemenként a következők:

	LE	KCl-EDTA	A r á n y
	mg/kg	mg/kg	(LE = 1)
Fe	120	238	2,0
Al	81	94	1,2
Pb	2,93	3,87	1,3
Cr	0,10	0,13	1,3

Jelentősebb eltérés a két kivonószer értékei között csak a vas elemnél fordul elő. Valamennyi elemnél a KCl-EDTA vont ki többet. A pH és mésztartalom növekedésével csökken a KCl-EDTA LE-hez viszonyított aránya. A magasabb humusz és kötöttség értékeknél általános az aránycsökkenés.

2. A töménysavas feltárásnál a legtöbb vizsgált elemnél a kémhatás és mésztartalom növekedésével csökken a kivont mennyiség, amely arra utal, hogy a talaj mikroelem-tartalma a kedvezőbb pH- és mésztartományban alacsonyabb, mint a savanyú talajokon (vagy a kötött formában lévő elemeknek csak egy része oldódik ki).

3. A korrelációs számítások alapján elemenként a következő összefüggések állapíthatók meg:

Fe – A LE kivonószer a legszorosabb összefüggést a humusztartalommal mutatja, ezt követi a kötöttség és a mésztartalom. A pH-val negatív összefüggést mutat, amely P 5 %-os szinten igazolható. A TS kivonószer a kötöttséggel adja a legszorosabb kapcsolatot. A mésztartalommal, pH-val és humusztartalommal negatív kapcsolata van, de csak a CaCO₃-tartalomnál igazolható.

Al – A LE kivonószer a pH-val mutat kiemelkedően szoros kapcsolatot ($r = -0,63^{xxx}$). Ezen kívül csak a CaCO₃-tartalommal van igazolt összefüggés. A TS a kötöttséggel mutat kiemelkedően szoros kapcsolatot ($r = 0,68^{xxx}$). Ezen kívül még a humusztartalommal jelez összefüggést. A két kivonószer között $r = 0,17^{xx}$ kapcsolat van.

Pb – A LE kivonószer a humusztartalommal és kötöttséggel mutat összefüggést. A TS a kötöttséggel, pH-val és CaCO₃-tartalommal mutat kapcsolatot. A két kivonószer között $r = 0,35^{xxx}$ kapcsolat van.

Cr – A LE kivonószer csak a mésztartalommal korrelál. A TS a kötöttséggel mutat legszorosabb összefüggést ($r = 0,35^{xxx}$), igazolt kapcsolat még a mésztartalommal van. A két kivonószer között gyakorlatilag nincs összefüggés.

4. A TS a vizsgált elemeknél elsősorban a kötöttséggel, ezt követően a humusztartalommal mutat legszorosabb kapcsolatot, amely részben a kisebb kimosódással, másrészt a magasabb kolloidtartalommal (nagyobb felület) indokolható. A LE kivonószernél elemenként eltérő a meghatározó talajtulajdonság.

5. Az értékelés alapján megállapítható, hogy az összes és felvehető elem-tartalom vizsgálatához a kötöttség (K_A) alkalmasabb paraméter, mint az agyagtartalom. Ennek feltehetően az az oka, hogy az agyagtartalom csak az agyag minőségének ismeretével együtt használható. A kötöttség viszont minőségi paramétert is tartalmaz (pl. duzzadás).

Összefüggést kerestünk a Lakanen-Erviö, KCl-EDTA és a töménysvas kivonószerek vizsgálati eredményei között a legfontosabb talajtulajdonságok függvényében. A TIM-mintákat csak TS- és LE kivonószerekkel vizsgáltuk, ezért a LE és KCl-EDTA eredmények összehasonlításához a Vas megyei KCl-EDTA-s talajvizsgálati eredményeket kölcsönöztük. Az összehasonlítás során a tendenciák megállapíthatók. A két kivonószert kalibrációjához további vizsgálatok szükségesek, amelyhez eredményeink kellő alapot nyújthatnak.

Irodalom

- KIEKENS, S. L. & COTTENIE, A., 1982. Principles of soil analysis with regard to trace elements. In: Newsletter of the FAO European Cooperative Network on Trace Elements. 5–20. Gent.
- LAKANEN, E. 1962. On the analysis of soluble trace elements. Helsinki Ann. Agric. Fenn. 2. 109–117.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R., 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. Acta Agr. Fennica 123. 223–232.
- MARTH P., 1990. Talajvizsgálati oldószerek összehasonlító vizsgálata. Szakmérnöki diplomadolgozat. GATE Mezőgazdaságtudományi Kar.
- MOLNÁROS I., 1997. Vas megye talajainak nehézfém- és alumínium-tartalmának felmérése, értékelése. In: XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok 1997. október 14–16. 164–174.
- MOLNÁR I. & GRÁCZOL Cs., 2000. A talajok réz-, cink- és mangántartalmának összehasonlítása KCl-EDTA, Lakanen-Erviö és töménysavas feltárással a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer vizsgálati alapján. Agrokémia és Talajtan. 49. 127–144.
- SOLTANPOUR, P. N. & SCHWAB, A. P., 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micronutrients in alkaline soils. Soil Sci Plant Analysis. 8. (3) 195–207.

Érkezett: 1998. december 10.

Comparison of the Iron, Aluminium, Lead and Chromium Contents of Soils after KCl-EDTA, Lakanen-Erviö and Concentrated Acid Digestion on the Basis of Analyses Carried Out as Part of the Soil Conservation Information and Monitoring System and in Vas County

I. MOLNÁROS and C. GRÁCZOL

Vas County Plant Health and Soil Conservation Station, Tanakajd (Hungary)

Summary

The basic aim of the experiments was to interpret the results of microelement analyses carried out in Hungary since 1978 using KCl-EDTA extractant in the light of the Lakanen-Erviö extraction results obtained internationally. The Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) used extraction with concentrated acid for the determination of the total element content and Lakanen-Erviö extractant for the available element content. KCl-EDTA extractant was also used to analyse the Cu, Zn and Mn in the topsoil, but not for the other elements. The results of KCl-EDTA analysis on 11,259 soils samples from Vas County were therefore used in the comparison. These samples originate from different areas than the TIM samples, so they could not be directly compared, but they were of great assistance in estimating trends.

The relatively small number of TIM samples and the fact that the KCl-EDTA data were obtained on other areas prevented the use of wide-ranging statistical analyses. Correlation calculations were carried out using the results of the TIM analyses.

The following results were obtained:

1. The Lakanen-Erviö (LE) results of the 289 TIM samples were of the same order of magnitude as the KCl-EDTA results from the 11,259 Vas County samples. These values were as follows for the different elements:

	LE mg/kg	KCl-EDTA mg/kg	Ratio (LE = 1)
Fe	120	238	2.0
Al	81	94	1.2
Pb	2.93	3.87	1.3
Cr	0.10	0.13	1.3

A substantial difference between the values obtained with the two extractants was only observed for Fe. In all cases a larger quantity of the elements was extracted with KCl-EDTA. As the pH and CaCO₃ content increased the ratio of KCl-EDTA to LE decreased. Higher humus content and lower plasticity led to a drop in the ratio.

2. In the case of extraction with concentrated acid the quantity extracted declined with a rise in the pH and the CaCO₃ content for the majority of elements, indicating that the microelement content of the soil is lower in the more favourable range of pH and CaCO₃ content than on acidic soils (or only part of the elements present in bound form are dissolved out).

3. The following correlations were calculated for the various elements:

Fe: LE extractant exhibited the closest correlation with the humus content, followed by plasticity and CaCO_3 content. There was a negative correlation with pH, significant at the $P = 5\%$ level.

Concentrated acid was most closely correlated with plasticity. There was a negative relationship with CaCO_3 content, pH and humus content, but this was only significant for CaCO_3 . No significant correlation was demonstrated between the two extractants.

Al: LE extractant exhibited a very close correlation with pH ($r = -0.63^{***}$). The only other significant correlation was with the CaCO_3 content. Concentrated acid extractant showed a very close correlation with plasticity ($r = 0.68^{***}$). There was also a correlation with the humus content. The two extractants exhibited correlation at the $r = 0.17^{**}$ level.

Pb: LE extractant was correlated with the humus content and plasticity, while concentrated acid extractant was correlated with pH and CaCO_3 content. There was a correlation at the $r = 0.35^{***}$ level between the two extractants.

Cr: LE extractant was only correlated with the CaCO_3 content. Concentrated acid extractant was most closely correlated with plasticity ($r = 0.35^{***}$).

4. Concentrated acid extractant was most closely correlated with plasticity, followed by humus content, due partly to the lower extent of leaching and partly to the higher colloid content (greater surface). In the case of LE extractant the dominant soil property differed from one element to the other.

5. On the basis of the evaluation it can be concluded that plasticity (K_A) is a better parameter for the analysis of total and available element contents than the clay content.

Table 1. Iron analysis of Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) Parameter. a) Mean; b) Deviation. (2) TIM profiles ($n = 289$). (3) No. (4) Upper limit of plasticity according to Arany, K_A . (5) Humus, %. (6) Ratio. (7) Vas County soils ($n = 11259$). A. $\text{pH}(\text{KCl})\text{-CaCO}_3$, %. B. Humus, H %. C. Plasticity, K_A . D. Clay, %.

Table 2. Aluminium analysis of Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) and A–D: see Table 1.

Table 3. Lead analysis of Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) and A–D: see Table 1.

Table 4. Chromium analysis of Soil Conservation Information and Monitoring System (TIM) profiles (1992) and Vas County soils (1992–1996). (1) and A–D: see Table 1.

Table 5. Correlation matrix. Kötöttség = Upper limit of plasticity according to Arany, K_A .