

## A KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA talajkivonószerek összehasonlítása a könnyen oldható Cu-tartalom meghatározására

**Balláné Kovács Andrea – Kincses Sándorné –  
Nagy Péter Tamás**

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,  
Mezőgazdaságtudományi Kar,  
Agrokémiai és Talajtani Tanszék, Debrecen  
kovacs@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A talajok könnyen oldható réztartalmának meghatározására a KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, valamint CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-kivonatokban mért értékeket hasonlítottuk össze. A mérési adatok bizonyítják, hogy a DTPA komplexképző hozzáadásával a 0,01M CaCl<sub>2</sub> kivonatban is jól mérhető a talaj réztartalma.*

*A CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA pufferolt oldatban az oldódás és komplexképződés valamennyi talajon azonos pH mellett történik. A semleges kivonatban mért értékek abszolút mennyisége azonban kisebb, ami a kis réztartalmú talajokon a mérés pontosságát, a kimutathatóságot zavarhatja.*

*A növény által felvett réz mennyisége arányos a KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, valamint CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-kivonatokban mért értékekkel. Az összefüggés a kisebb szervesanyag-tartalmú talajokon egyértelműbben kimutatható.*

*Mindhárom kivonószert esetén elmondható, hogy a kivonatok réztartalma, valamint a növényi rézkoncentrációja közötti kapcsolat szorossága erősen talajtulajdonság függő.*

*A kapott eredmények általánosításához további, nagyobb számú talajjal végzett vizsgálat szükséges.*

**Kulcsszavak:** CaCl<sub>2</sub>-os talajkivonat, réz

### SUMMARY

*KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA extraction methods were compared to determine the plant available Cu amounts in the soil samples. In the soil extracts, the amounts of copper were measurable. In the buffered CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA extracts, data showed the lowest values.*

*On the applied soils, a correlation was observed between plant removal and soil Cu using extractants mentioned above. The closest correlation appeared in the case of sandy soils.*

*From the results of statistical analysis, it appears that soil properties may play role in the efficiency of the extraction using either CaCl<sub>2</sub>-DTPA or KCl-EDTA solutions.*

*To establish more reliable relations, further studies with different types of soils are needed.*

**Keywords:** CaCl<sub>2</sub>-soil extract, copper

### BEVEZETÉS

A talajok összes réztartalma átlagosan 60 kg/ha körül ingadozik a művelt rétegben. A növények számára közvetlenül hozzáférhető formában levő mennyisége 0,01-0,03 kg/ha. A réz felvehetősége erősen függ a talaj tulajdonságaitól, elsősorban a talaj szervesanyag-tartalmától és kémhatásától.

Az összes mennyiség kvantitatív meghatározására ritkán kerül sor, mivel az összes mennyiség nagyobb része általában erősen kötött a talajban, keveset mond a hasznosíthatóságról. A felvehetőség jellemzésére ezért különböző erősségű kivonószereket alkalmaznak, melyek többé-kevésbé jellemezni képesek az eltérő kötésű vegyületformákat a talajban.

A kivonószerek alkalmazása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaitól is függ. Ez az oka annak, hogy szerte a világon számos extrahálószer vizsgáltak az elérhető rézformák becslésére (de Abreu et al., 1998; Garcia et al., 1996; Zhu és Alva, 1993).

Magyarországon 1978 óta a KCl-EDTA oldatot használják a mikrotápelemek oldható formáinak a meghatározására (MÉM-NAK, 1978; Baranyai et al., 1987; Szűcs et al., 2003). Ezzel szemben nemzetközileg a Lakanen-Erviö extrakciós módszer terjedt el széleskörűen (Lakanen és Erviö, 1971).

Houba és mtsai (2000) a 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldatot, mint univerzális kivonószert javasolják a talajok oldható tápelem-tartalmának becslésére. Ezen kivonatokban a mikroelemek koncentrációja sokszor olyan alacsony, hogy mennyiségük csak költséges mérési eljárásokkal határozható meg.

A módszer alkalmazása, továbbfejlesztése a mikrotápelemek meghatározására megkívánta, hogy a 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldatot egy komplexképzővel, a 0,005M koncentrációjú dietilén-triamin-pentaecetsavval (DTPA) kiegészítve növeljük a talajból kivonható mikroelem koncentrációját, így mérhetőségét (Alt és Peters, 1992). A savanyú kivonószertben (pH=2,46) nagyobb mennyiségben oldódnak a mikroelemek, az oldódási egyensúly a DTPA komplexképző hatására eltolódik.

Egy másik lehetőség a 0,01M CaCl<sub>2</sub>+0,005M DTPA kivonószert kiegészítése trietanol-aminnal (TEA) (Lindsay és Norvell, 1978). Ekkor a pufferolt (pH=7,03) kivonatban az oldódás és komplexképződés a semlegeshez közel álló pH mellett megy végbe.

Célunk volt, hogy

1. tenyészedényes kísérletben különböző tulajdonságú talajokat alkalmazva megvizsgáljuk a KCl-EDTA, a 0,01M CaCl<sub>2</sub>-0,005M DTPA, valamint a 0,01M CaCl<sub>2</sub>-0,005M DTPA-0,01M TEA oldatok által kivont réz mennyiségi összefüggéseit,
2. meghatározzuk a növény által felvett és a talajok könnyen oldható réztartalma közötti korrelációt.

**ANYAG ÉS MÓDSZER**

A tenyészedényes kísérlethez Újfehértó és Nagyhalász térségéből származó kovárányos barna erdőtalajt (homok), Látóképről begyűjtött

mészlepedékes csernozjomot, valamint görbeházi réti csernozjom talajokat választottunk. Az alkalmazott talajok fontosabb jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A kísérleti talajok jellemzői

Talajtípus(1)	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Hu%	K <sub>A</sub>	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )		
					KCl-EDTA	CaCl <sub>2</sub> -DTPA	CaCl <sub>2</sub> -DTPA-TEA
Kilúgzott barna erdőtalaj (Újfehértó)(2)	3,7	4,1	1,3	27	1,10±0,05	0,94±0,04	0,32±0,08
Kilúgzott barna erdőtalaj (Nagyhalász)(3)	4,2	4,5	0,6	26	1,44±0,06	1,54±0,05	0,63±0,02
Mészlepedékes csernozjom (Látókép)(4)	5,3	5,9	2,3	39	5,36±0,35	5,40±0,18	3,73±0,30
Réti csernozjom (Görbeháza)(5)	5,5	6,1	4,8	57	10,5±0,41	9,69±0,41	4,06±0,12

Table 1: Properties of experimental soils

type of soil(1), brown forest sandy soil from Újfehértó(2), brown forest sandy soil from Nagyhalász(3), calcareous chernozem soil from Látókép(4), typical meadow chernozem soil from Görbeháza(5)

A homoktalajokból 3 kg-ot, a csernozjom típusú talajokból 2,5 kg-ot mértünk a tenyészedényekbe. Jelzőnövényként angolperjét (*Lolium perenne* L.) használtunk. Egy-egy edénybe 1,5 g magot vetettünk. A tenyészedényeket az erre a célra készített kocsikon helyeztük el, és nappal a szabadban, éjjel és eső esetén tető alatt tartottuk. Az edényeket ioncserélt vízzel, az eredeti tömegre (VK 75%) történő kiegészítés alapján, naponta öntöztük. A perjét háromhetes időközönként háromszor vágtuk.

A kísérletben a N-, P-, és K-adagok minden edényben egységesek voltak (100 mg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O/kg talaj). Valamennyi talajon az NPK kezelést 10 mg Cu/kg talaj kiegészítéssel is beállítottuk. A kezeléseket 4 ismétlésben alkalmaztuk. A nitrogént NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, a foszfört KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, a káliumot KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> és K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, a rezet pedig CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O formában, vizes oldatban juttattuk a talajba. A vágások után edényenként 100 mg nitrogént adagoltunk.

A növényi mintákat szárítás és őrlés után cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+cc.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldattal tártuk fel. A roncsolat réztartalmát atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel mértük.

A talajminták szárítása, aprítása, szitálása után az alábbi módszerekkel készítettük el a talajkivonatokat:

- KCl-EDTA kivonat (0,1 mol dm<sup>-3</sup> KCl + 0,01 mol dm<sup>-3</sup> EDTA); Az 1:10 talaj-kivonószer szuszpenziót két óra hosszáig rázattuk (MÉM-NAK, 1978).
- CaCl<sub>2</sub>-DTPA kivonat (0,01 mol dm<sup>-3</sup> CaCl<sub>2</sub> + 0,005 mol dm<sup>-3</sup> DTPA); az 1:10 talaj-kivonószer szuszpenziót két óra hosszáig rázattuk (Alt és Peters, 1992).
- CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonat (0,01 mol dm<sup>-3</sup> CaCl<sub>2</sub> + 0,005 mol dm<sup>-3</sup> DTPA + 0,1 mol dm<sup>-3</sup> TEA); az 1:2 talaj-kivonószer szuszpenziót két óra hosszáig rázattuk (Lindsay és Norvell, 1978).

A talajkivonatok réztartalmát szintén

atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel határoztuk meg.

**EREDMÉNYEK**

A KCl-EDTA, CaCl<sub>2</sub>-DTPA, valamint CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonatok réztartalmát talajra vonatkoztatva a 2. táblázatban tüntettük fel. A mért értékek a kivonószer tulajdonságaitól, a talaj típusától, kémiai tulajdonságaitól függően igen változatosak.

A háromféle kivonatot összehasonlítva a legkisebb rézkoncentrációk a CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA (pH=7,03) oldatokban voltak mérhetőek. Ez várható is, hiszen a nem puffertolt, savanyú kivonatokban a réz oldhatósága nagyobb.

A talajok réztartalmát – ugyanazon kivonószernél – összehasonlítva, a legnagyobb réztartalmat a réti csernozjomon, a legkisebbet pedig az Újfehértóról származó homoktalaj esetén mértük. A talajhoz kezelésként adott 10 mg kg<sup>-1</sup> Cu jelentős része lekötődött, mindössze 21-56%-át tudtuk a talajkivonatban visszamérni.

A KCl-EDTA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA talajkivonatok réztartalma között összefüggés-vizsgálatot végeztünk. A regressziós egyenleteket és a korrelációs együtthatókat (R<sup>2</sup>) talajtípusonként feltüntetve a 3. táblázatban összegeztük.

A statisztikai értékelésből megállapítható, hogy a vizsgált talajok esetén a KCl-EDTA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA kivonószerek által kivont Cu-tartalmak között szoros, P=0,1%-os szinten szignifikáns a kapcsolat.

A talajokat összesítve és együtt feltüntetve, a kétféle kivonószerez extrahált Cu-tartalom kapcsolatát az 1. ábra mutatja. Jól látható, hogy az összefüggés ez esetben is szoros, lineáris. Az egyenes meredekségéből leolvasható, hogy a kétféle kivonószerez hasonló mennyiségű rezet von ki a talajból.

A talajok KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA- kivonatokban mért Cu-tartalma (mg kg<sup>-1</sup>)

Talajtípus(2)	Kezelés(1)	KCl-EDTA-Cu (mg kg <sup>-1</sup> )		CaCl <sub>2</sub> -DTPA-Cu (mg kg <sup>-1</sup> )		CaCl <sub>2</sub> -DTPA-TEA-Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	
		Cu 0 mg kg <sup>-1</sup>	Cu 10 mg kg <sup>-1</sup>	Cu 0 mg kg <sup>-1</sup>	Cu 10 mg kg <sup>-1</sup>	Cu 0 mg kg <sup>-1</sup>	Cu 10 mg kg <sup>-1</sup>
Kilúgzott barna erdőtalaj (Újfehértó)(3)		0,64±0,04	3,22±0,16	0,99±0,05	3,81±0,01	0,38±0,09	2,43±0,20
Kilúgzott barna erdőtalaj (Nagyhalász)(4)		1,67±0,07	4,88±0,31	1,92±0,05	5,51±0,21	0,71±0,03	3,11±0,13
Mészlepedékes csernozjom (Látókép)(5)		5,54±0,39	9,51±0,39	5,91±0,39	10,16±0,22	2,15±0,17	4,24±0,12
Réti csernozjom (Görbeháza)(6)		11,43±0,57	16,07±0,86	10,98±0,47	15,19±1,17	3,43±0,14	5,65±0,39

Table 2: The amounts of Cu extracted by KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA- extractants (mg kg<sup>-1</sup>) treatment(1), type of soil(2), brown forest sandy soil from Újfehértó(3), brown forest sandy soil from Nagyhalász(4), calcareous chernozem soil from Látókép(5), typical meadow chernozem soil from Görbeháza(6)

3. táblázat

Összefüggés a KCl-EDTA- és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-Cu mennyiségek között

Talajtípus(1)	KCl-EDTA-Cu (x) és CaCl <sub>2</sub> -DTPA-Cu (y) „egyenletek és R <sup>2m</sup> értékek (n=12)(6)
Kilúgzott barna erdőtalaj (Újfehértó)(2)	y=1,208x R <sup>2</sup> = 0,971***
Kilúgzott barna erdőtalaj (Nagyhalász)(3)	y=1,134x R <sup>2</sup> =0,995***
Mészlepedékes csernozjom (Látókép)(4)	y=1,067x R <sup>2</sup> =0,986***
Réti csernozjom (Görbeháza)(5)	y=0,947x R <sup>2</sup> =0,874***

\*\*\* szignifikanciaszint P=0,1%(7)

Table 3: Relationships between KCl-EDTA-Cu and CaCl<sub>2</sub>-DTPA-Cu amounts type of soil(1), brown forest sandy soil from Újfehértó(2), sandy soil from Nagyhalász(3), calcareous chernozem soil from Látókép(4), typical meadow chernozem soil from Görbeháza(5), correlation equations and coefficients(6), significant at 0.1%(7)

1. ábra: A KCl-EDTA-Cu és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-Cu mennyiségek közötti összefüggés, n=48

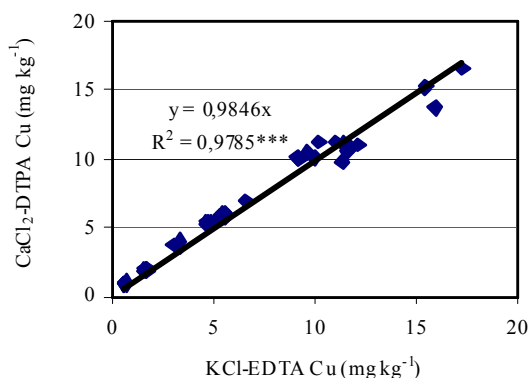


Figure 1: Correlation between CaCl<sub>2</sub>-DTPA-Cu and KCl-EDTA-Cu amounts for all soils. n=48

A KCl-EDTA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonatok réztartalma közötti kapcsolatot leíró regressziós egyenleteket és korrelációs együtthatókat (R<sup>2</sup>) talajtípusonként feltüntetve a 4. táblázatban összesítettük.

4. táblázat

Összefüggés a KCl-EDTA- és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-Cu mennyiségek között

Talajtípus(1)	KCl-EDTA-Cu (x) és CaCl <sub>2</sub> -DTPA-TEA-Cu (y) regressziós egyenletek és korrelációs együtthatók értékek (n=12)(6)
Kilúgzott barna erdőtalaj (Újfehértó)(2)	y=0,7411x R <sup>2</sup> =0,982***
Kilúgzott barna erdőtalaj (Nagyhalász)(3)	y=0,5955x R <sup>2</sup> =0,946***
Mészlepedékes csernozjom (Látókép)(4)	y=0,4136x R <sup>2</sup> =0,921***
Réti csernozjom (Görbeháza)(5)	y=0,3240x R <sup>2</sup> =0,8693***

\*\*\* szignifikanciaszint P=0,1%(7)

Table 4: Relationships between KCl-EDTA-Cu and CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-Cu amounts

type of soil(1), brown forest sandy soil from Újfehértó(2), brown forest sandy soil from Nagyhalász(3), calcareous chernozem soil from Látókép(4), typical meadow chernozem soil from Görbeháza(5), correlation equations and coefficients(6), significant at 0.1%(7)

A statisztikai értékelésből megállapítható, hogy az eltérő tulajdonságokkal rendelkező talajok esetében KCl-EDTA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonószerek által kivont Cu-tartalmak között szoros, P=0,1%-os szinten szignifikáns a kapcsolat.

A talajokat összesítve és együtt feltüntetve, a kétféle kivonószerezrel extrahált Cu-tartalom kapcsolatát a 2. ábrán láthatjuk.

2. ábra: A KCl-EDTA-Cu és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-Cu mennyiségek közötti összefüggés, n=48

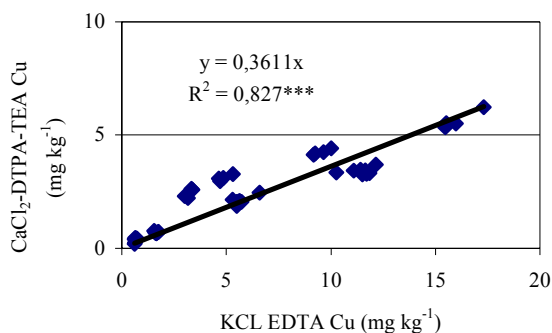


Figure 2: Correlation between KCl-EDTA-Cu and CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-Cu amounts for all soils. n=48

A KCl-EDTA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonatokban mért rézmennyiségeket összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy bár a kivonószerek Cu-koncentrációi között szoros, P=0,1%-os szinten szignifikáns a kapcsolat, a semleges CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA oldat által kivont Cu értékek rendre kisebbek, mint az ehhez képest alacsonyabb pH értékű CaCl<sub>2</sub>-DTPA kivonatokban mért koncentrációk.

Egy kivonószert alkalmazhatóságát az általa kivont tápelem, valamint a növény tápelemtartalma, tápelemfelvétele közötti kapcsolat alapján ítélni lehet meg.

A KCl-EDTA, CaCl<sub>2</sub>-DTPA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonószerekben mért réztartalom, valamint a perje réztartalma és a növény által összesen kivont Cu közötti kapcsolat eredményeit az 5. táblázatban összegeztük.

5. táblázat

A KCl-EDTA, CaCl<sub>2</sub>-DTPA és CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonószerekben mért réztartalom, valamint a perje réztartalma és a növény által összesen kivont Cu közötti kapcsolat (R<sup>2</sup>)

Talajtípus(1)	KCl-EDTA-Cu	CaCl <sub>2</sub> -DTPA-Cu	CaCl <sub>2</sub> -DTPA-TEA-Cu
<i>növény Cu-tartalma (mg kg<sup>-1</sup> „R<sup>2</sup>” értékek(6))</i>			
kilúgzott barna erdőtalaj (Újfehértó)(2)	0,972 ***	0,958 ***	0,970 ***
kilúgzott barna erdőtalaj (Nagyhalász)(3)	0,925 ***	0,929 ***	0,923 ***
mészlepedékes csernozjom (Látókép)(4)	0,413 *	0,416 +	0,386 *
réti csernozjom (Görbeháza)(5)	0,444 *	0,265 n.s.	0,354 +
<i>kivont Cu (mg edény<sup>-1</sup>) „R<sup>2</sup>” értékek(7)</i>			
kilúgzott barna erdőtalaj (Újfehértó)(2)	0,974 ***	0,970 ***	0,982 ***
kilúgzott barna erdőtalaj (Nagyhalász)(3)	0,885 ***	0,889 ***	0,889 ***
mészlepedékes csernozjom (Látókép)(4)	0,110 n.s.	0,162 n.s.	0,166 n.s.
réti csernozjom (Görbeháza)(5)	0,593 **	0,769 **	0,843 ***

+, \*, \*\*, \*\*\* szignifikáns P=10%, P= 5%, P=1%, P=0,1%(8)

n.s.= nem szignifikáns(9)

A perje Cu koncentrációi az első vágásra vonatkoznak(10)

Table 5: Relationships („R<sup>2</sup>” values) between KCl-EDTA, CaCl<sub>2</sub>-DTPA and CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA extractable Cu and Cu content of plant, removal of plant

type of soil(1), brown forest sandy soil from Újfehértó(2), brown forest sandy soil from Nagyhalász(3), calcareous chernozem soil from Látókép(4), typical meadow chernozem soil from Görbeháza(5), Cu content of plant (mg kg<sup>-1</sup>)(6), Cu removal of plant (mg pot<sup>-1</sup>)(7), significant at 5%, 1%, 0.1%(8), not significant(9), Cu content of plant is related to the first cut(10)

A homoktalajok (Újfehértó, Nagyhalász) esetében mindhárom kivonószernél igen szoros, statisztikailag igazolható kapcsolat mutatkozott a talajkivonatok réztartalma és a növény rézkoncentrációja, valamint kivont réztartalma között.

Jól látszik a táblázatból, hogy a kétféle csernozjom talaj közül a réti csernozjom esetében találtunk szorosabb, statisztikailag is igazolható kapcsolatot a talajkivonatok Cu-tartalma és a perje által kivont összes Cu között.

Az eredmények alapján elmondható, hogy mindhárom kivonószert hatékonyan bizonyult a talaj könnyen oldható réztartalmának becslésére. A talajkivonatokban minden esetben mérhető volt a réz mennyisége. A CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA semleges kivonatokban mért értékek abszolút mennyisége azonban kisebb, ami a kis réztartalmú talajokon a mérés pontosságát, a kimutathatóságot zavarhatja. A növény által felvett réz mennyisége arányos a KCl-EDTA-, CaCl<sub>2</sub>-DTPA-, valamint CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA-kivonatokban mért értékekkel.

Az összefüggés a kisebb szervesanyag-tartalmú talajokon egyértelműbben kimutatható.

A kapott eredmények általánosításához, megbízhatóbb összefüggések megállapításához

további nagyobb számú, eltérő tulajdonságú (meszes homok, meszes láp, kotu) talaj bevonása és vizsgálata szükséges.

#### IRODALOM

- Alt, D.-Peters, I. (1992): Die  $\text{CaCl}_2$ -DTPA-Methode zur Untersuchung gartnischer Erden auf Mengen- und Spurenelemente. Agrobiological Research Band 45. Heft 3. 215-219.
- Baranyai F.-Fekete A.-Kovács I. (1987): Magyarországi Tápanyagvizsgálatok Eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, Hungary.
- de Abreu, C. A.-de Abreu, M. F.-de Andrade, J. C.-van Raij, B. (1998): Restrictions in the use of correlation coefficients in comparison methods for the determination of the micronutrients in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 29. 1961-1972.
- Garcia, A.-de Iorio, A. F.-Barros, M.-Bargieta, M.-Rendina, A. (1996): Comparison of soil tests to determine micronutrients status in Argentina soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 27. 763-771.
- Houba, V. J. G.-Temminghoff, E. J. M.-Gaikhorst, G. A.-Van Vark, W. (2000): Soil analysis procedures using 0,01 M calcium chloride as the extraction reagent. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 31. (9/10). 1299-1396.
- 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.
- Lindsay, W. L.-Norvell, W. A. (1978): Development of a DTPA Soil Test for Zn, Iron, Manganese, and Copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 442. 421-428.
- Szűcs M.-Szűcs M-né (2003): Mezőföldi talajok KCl-EDTA kivonószerezrel oldható mikroelemtartalmának hosszú idő alatt bekövetkezett változása. Agrokémia és Talajtan, 52. 3-4. 305-314.
- Zhu, B.-Alva, A. K. (1993): The chemical forms of Zn and Cu extractable by Mehlich 1, Mehlich 3 and ammonium bicarbonate-EDTA extractions. Soil Sci., 156, 251-258.
- MÉM-NAK (1978): A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest.