

A KÁRPÁTALJAI-ALFÖLD TALAJAI FELVEHETŐ CINKTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA ÉS AZ ELLÁTOTTSÁG MEGÍTÉLÉSE NEMZETKÖZI ÖSSZEHAISONLÍTÁSBAN

SOLYMOS KAROLINA¹ – CSOMA ZOLTÁN²

¹MA-hallgató, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Biológia és Kémia Tanszék
e-mail: solymoskarola1997chop@gmail.com

²PhD, tanár, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Biológia és Kémia Tanszék
e-mail: zcsoma@kmf.uz.ua

A talajok felvehető mikroelem-tartalmának meghatározásához Ukrajnában pH=4,8 értékű ammónium-acetát puffertoldatot használnak, amelyet ezenkívül csak néhány más országban alkalmaznak, így pedig az eredmények szélesebb nemzetközi szinten nem összevethetőek. Munkánkban az Ukrajnában szabványosított, valamint a nemzetközileg is leginkább elfogadott Lakanen-Erviö- és dietilén-triamin-penta-acetát kivonószereket hasonlítottuk össze a Kárpátaljai-alföld felvehető cinktartalmának jellemzésére. Megállapítottuk, hogy a három vizsgált extraháló szer között a felvehető cinktartalomra vonatkozólag erős korreláció van, az összefüggések lineáris egyenlettel leírhatóak. A feltárt kapcsolatok alapján – figyelembe véve a jelenlegi, illetve a már korábban közzétett eredményeket is – rámutattunk, hogy nemzetközi összehasonlításban, — számos országhoz viszonyítva — a Kárpátaljai-alföld talajainak magas a felvehető cinktartalma.

Kulcsszavak: Kárpátaljai-alföld, talaj, felvehető cink, kivonószerek, korreláció vizsgálat

ABSTRACT

Для вилучення з ґрунтів рухомих форм мікроелементів в Україні використовують амонійно-ацетатний буферний розчин з рН 4,8, який застосовується крім цього тільки в небагатьох країнах, що виключає можливість порівняння результатів досліджень на більш широкому міжнародному рівні. Для характеристики вмісту рухомих форм цинку в ґрунтах Закарпатської низовини порівняли стандартизовану в Україні методику та найбільш поширені в міжнародній практиці екстрагенти за методом Лаканен-Ервійо та буферний розчин диетилентриамінпентаацетату. Було встановлено, що по вилученню рухомих форм цинку між трьома досліджуваними екстрагентами існує значна кореляція і взаємозв'язки можуть бути описані лінійними рівняннями. На основі власних та опублікованих раніше результатів, використовуючи встановлені взаємозв'язки між різними витяжками, прийшли до висновку, що в порівнянні з багатьма країнами ґрунти Закарпатської низовини характеризуються високим вмістом рухомих форм цинку.

Ключові слова: Закарпатська низовина, ґрунт, рухомий цинк, витяжки, кореляційний аналіз

BEVEZETÉS

A talajok-mikroelem ellátottságának vizsgálata során az „összes fém” tartalom mellett elsősorban a növények számára felvehető mennyiségeknek van jelentősége. Ez utóbbiak meghatározásához a talajmintákat kivonószerekkel kezelik, amelyeknek azonban

számos változata terjedt el. Többféle kivonószert használata esetén még ugyanarra a talajtípusra vonatkozóan is eltérő számadatokat kapunk, ezáltal az eredmények nem összevethetőek.

Ukrajnában a növények számára felvehető mikroelem mennyiségének (kivéve a bórt)

meghatározásához a pH=4,8 értékű ammónium-acetát pufferoldatot kell használni az egész ország területén minden talajtípusra. Az ezzel a kivonószerrel meghatározott mikroelem-koncentrációkra vonatkozóan ellátottsági kategóriákat is kidolgoztak a növények mikroelemigényének függvényében. Azonban az ammónium-acetát pufferoldatot ezenkívül csak néhány más országban alkalmazzák. Ebből pedig következik, hogy az Ukrajnában végzett, felvehető mikroelemek mennyiségére vonatkozó kutatások publikációja külföldi szakfolyóiratokban egyrészt nehézkes, másrészt a nemzetközi szakma számára gyakran érdektelen, ugyanis az eltérő módszertani megközelítések miatt az adatok más országok szakemberei számára értelmezhetetlenek.

Munkánk célja az Ukrajnában szabványosított ammónium acetát pufferoldat összehasonlítása a világ számos országában elterjedt Lakanen–Erviö- és dietilén-triamin-penta-acetát (DTPA) kivonószerekkel a felvehető cinktartalom mennyiségének jellemzésére a Kárpát-aljai-alföld talajaiban. Továbbá a feltárt összefüggések, valamint a saját és a már korábban közzétett vizsgálati eredmények alapján összemérni az alföld és több, eltérő adottságú ország talajainak felvehető cinktartalmát.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Számos országban a mikroelemek felvehető mennyiségének kivonására a talajból a Lakanen–Erviö- és a DTPA–kivonószereket használják. Közös jellemzőjük, hogy kelátadalékokat tartalmaznak, amely az oldódási egyensúly eltolódásával megnöveli a kioldott mikroelem-koncentrációt. Így lehetővé válik a mikroelem analitikai mérése enyhe kivonószerekben is (Kremper et al. 2008).

A Lakanen és Erviö által javasolt ammónium-acetát és etilén-diamin-tetraacetát

(EDTA) tartalmú kivonószer főként ionosan kötött fémekeket von ki a talajból, egy olyan mozgékony fémfrakciót, mellyel a növényi gyökerek általi mobilizálást lehet modellezni és azt a hányadot kivonni, melyet potenciálisan felvehetnek a növények. Ilyenformán ez a kivonat az aktuális felvehetőséget jellemzi. Alkalmos olyan fémekek meghatározására, melyek az EDTA és ammónium hidroxid összekeverésével kapott puffer hatására kioldódnak a talajból (Hajdu 2008).

A dietilén-triamin-penta-acetát (DTPA) gyengébb kivonószer az EDTA-nál, de ez utóbbi előnyei és hátrányai rá is vonatkoznak. A DTPA, a CaCl_2 és triklóramin vagy trietanolamin keverékével a mérsékelten mobilis fém frakciót becsülik. Az eljárás nagy mértékben szabványosított, Lindsay és Norvell (1978) munkája nyomán pedig az adatok is többé-kevésbé értelmezhetők agronómiaileg a Fe, Mn, Zn, Cu, valamint újabban a Ni elemekre. Rutin vizsgálatokra alkalmas, a minta-előkészítés viszonylag egyszerű (Kádár 1995).

A Lakanen–Erviö- és a DTPA–kivonószerek közötti összefüggéseket Kremper és társai (2008) vizsgálták, akik 215 talajmintán végeztek el összehasonlító méréseket. A mintahalmazt különböző csoportokra osztották a kötöttség, a pH- és a karbonáttartalom, valamint a humusztartalom szerint. Az 1. táblázat a korreláció számítások eredményeit foglalja össze. Az adatok rámutatnak a talajtulajdonságok és a könnyen oldható mikroelemtartalom közötti összefüggésekre.

Mivel a különböző extraháló szerekkel kivont mikroelem arány közel azonos a vizsgált talajtulajdonságok változásánál, a kivonószerek egymással helyettesíthetőek. Ez alapján lehetővé válik a KCl–EDTA módszerrel nyert adatok összevetése a nemzetközi irodalomban található Lakanen–Erviö-

és CaCl_2 -DTPA kivonószerekre kapott eredményekkel.

Lakanen-Erviő-kivonószert és a DTPA-pufferoldatot.

1. táblázat. A talajtulajdonságok és a kivonószerek közötti korrelációk

	Cu			Zn		
	DTPA-CaCl ₂	KCl-EDTA	Lakanen-Erviő	DTPA-CaCl ₂	KCl-EDTA	Lakanen-Erviő
KA	0,249*	0,268*	0,302*	-0,108	0,011	0,127
pH (*)	0,156	0,285**	0,298	0,02	0,09	0,05
Hu %	0,059	0,193**	0,137*	0,025	0,023	0,075

*P = 0,05 szinten szignifikáns

**P = 0,01 szinten szignifikáns

(*) A korrelációs számítását nem karbonátos talajok pH-jára végezték el.

Forrás: Kremper et al., 2008

ANYAG ÉS MÓDSZER

A talajminták begyűjtése és előkészítése

A vizsgálatokhoz összesen 16 talajmintát gyűjtöttünk be. A mintavételezés különböző hasznosítású területekre terjedt ki: kert, szántóföld, legelő, szőlő és erdő. A begyűjtött minták három talajtípust reprezentálnak: podzolos glejles gyep talaj, podzolos barnaföld, podzolos barna erdő talaj. A mintavételi pontok kijelölésénél és a talaj típusának meghatározásánál az 1:200 000 léptékű, az Ukrán SZSZK talajtérképe Kárpátalja területére vonatkozó térkép lapjait használtuk.

A mintákat a talaj felső 0–20 cm-es rétegeből szedtük meg. Szárítás után achát mozsárban 1 mm-nél kisebb méretűre porítottuk. Ezt követően az előkészített talajmintákban, eltérő kivonószerekkel meghatároztuk a felvehető cink koncentrációját.

A cink extrahálásához használt oldatok elkészítése

A talajok felvehető cinkmennyiségének kivonásához háromféle extraháló szert használtunk: az Ukrajnában elfogadott és alkalmazott ammónium-acetát pH=4,8 pufferoldatot, valamint a számos országban elterjedt

Az ammónium-acetát pufferoldat elkészítése: 77 g ammónium-acetátot feloldottunk 500 cm³ desztillált vízben, majd a teljes feloldódás után hozzáadtunk 50 cm³ 98%-os ecetsavat. Ezután az oldatot desztillált vízzel 1000 cm³-re kiegészítettük. Az oldat kémhatását pH=4,8±0,05-re állítottuk (Національний Стандарт України 2007).

A Lakanen-Erviő-féle oldat készítése: 1000 cm³-es mérőlombikba bemérünk 7,44 g EDTA-t, 37,3 cm³ 25% (m/m) ammónium-hidroxidot és kb. 400 cm³ vizet. Az EDTA teljes feloldódása után hozzámérünk 57,1 cm³ 98%-os ecetsavat és további 400 cm³ vizet. Az oldat pH-ját 3 mol/dm³ ecetsav- vagy NH₄OH-oldattal 4,65±0,05-re állítottuk, majd a térfogatot 1000 cm³-re kiegészítettük (Hajdu 2008).

A DTPA-pufferoldat elkészítése: külön-külön desztillált vízben feloldottunk 1,97 g dietilén-triamin-penta-acetátot, 1,47 g kalcium-klorid dihidrátot, 13,3 cm³ trietanolamint. Ezután az oldatokat összeöntöttük és a térfogatot 1000 cm³-re desztillált vízzel kiegészítettük. Az elkészített oldat pH-ját 7,3 értékre állítottuk. Az oldat összetétele: 0,005 M DTPA, 0,1 M trietanolamin, 0,01 M CaCl₂·2H₂O (Lindsay and Norvell 1978).

A kivonószerek főbb jellemzőit a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat. A kivonószerek főbb jellemzői

Kivonószer	A kivonószerek összetétele	A talaj és a kivonószer aránya	Rázatási idő (min)	pH
Ammónium-acetát pufferoldat	1,0 M CH ₃ COOH + 1,0 M CH ₃ COONH ₄	1:5	60	4,8
Lakanen-Erviö-kivonószer	0,02 MEDTA + 0,5 M CH ₃ COOH + 0,5 M CH ₃ COONH ₄	1:2	60	4,65
DTPA pufferoldat	0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl ₂ + 0,1 M trietanolamin	1:2	120	7,2

Forrás: Національний Стандарт України 2007; Lindsay and Norvell 1978; Lakanen and Erviö 1971

A vizsgálat során bemértük a módszer szerint előírt minta tömegét, hozzáadtuk a már előkészített extraháló szer szükséges térfogatát, majd a megadott ideig körkörös rázógépen ráztuk. Ezt követően az oldatot szűrővel elválasztottuk a talajtól. A szűrlet cinkkoncentrációját láng atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel, Agilent Technologies 240 típusú műszer segítségével határoztuk meg.

A TALAJOK MIKROELEM-ELLÁTOTTSÁGÁNAK MEGÍTÉLÉSE

A növények számára felvehető mikroelem mennyiségek meghatározásához számos extraháló szer használata terjedt el, amelyek eltérő mennyiségű mikroelemet vonnak ki a talajból. Ezért minden kivonószerhez eltérő határértékrendszert kellett kidolgozni.

Az ukrán szabvány (Національний Стандарт України 2007) a mikroelemek kioldására az ammónium-acetát pufferoldatot (pH=4,8) írja elő. A talajok mikroelemellátottságának megítéléséhez a 3. táblázatban található értékeket használják. A kartogramokon a talajok mikroelem tartalmát a 3. táblázat szerinti színkódokkal jelölik.

3. táblázat. A talajok felvehető mikroelem-tartalmának megítélése

Mikroelem	A növények mikroelem-ellátottsága				
	nagyon alacsony	alacsony	közepes	magas	nagyon magas
	Színjelölés a kartogramon				
	piros	sárga	zöld	égszínkék	kék
Mikroelem-koncentráció, mg/kg					
Mn	< 7,0	7,1–10,0	10,1–15,0	15,1–20,0	> 20,1
Zn	< 1,50	1,51–2,00	2,10–3,00	3,10–5,00	> 5,10
Cu	< 0,15	0,16–0,20	0,21–0,30	0,31–0,50	> 0,51
Co	< 0,10	0,11–0,15	0,16–0,20	0,21–0,30	> 0,31

Forrás: Фамець, 2003

Kádár (2009) ideiglenes határértékrendszer állított össze a Lakanen–Erviö-kivonószerrel meghatározott mikroelemtartalom értékelésére (4. táblázat).

4. táblázat. A mikroelemellátottság megítélésére javasolt ideiglenes határértékek a Lakanen–Erviö-kivonószer használata esetén

Mikroelem	Mikroelemellátottság		
	alacsony	közepes	magas
	Mikroelem-koncentráció (mg/kg)		
Zn	10	40	90
Cu	5	20	40

Forrás: Kádár 2009

A talajok mikroelemellátottságának megítéléséhez a DTPA-pufferoldat használatakor Zbíral (2016) dolgozott ki határértékeket (5. táblázat).

5. táblázat. A mikroelemellátottság megítélésére DTPA kivonószer használata esetén

Mikroelem	Mikroelemellátottság		
	alacsony	közepes	magas
	Mikroelem-koncentráció (mg/kg)		
Cu	(< 1.0)1	0.80–2.7	> 2.7
Zn	< 1.0	1.0–2.5	> 2.5
Mn	< 10.0 (< 15.0)2	10.0–100	> 100
Fe	< 8.0	8.0–75	> 75

Forrás: Zbíral 2016

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

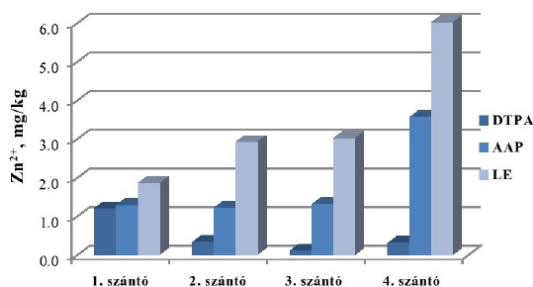
A vizsgált extraháló szerek összehasonlítása a talajok cinktartalmának függvényében

A vizsgálatok eredményeit külön értékeltük a talajhasználat szerint.

A szántóföldi talajminták esetében az Ukrajnában használt ammónium-acetát pufferoldat által kivont felvehető cink átlagos mennyisége 1,83 mg/kg volt. A leghatékonyabbnak a Lakanen–Erviö-oldat bizonyult, amely átlagosan 3,4 mg/kg cinket vont ki a szántóföldi mintákból. Ez azzal magyarázható, hogy a Lakanen–Erviö-kivonószer az ammónium-acetát puffer oldaton kívül etilén-diamin-tet-

raacetátot is tartalmaz, ami a cink-ionokkal komplexet képez. A komplex képződés az egyensúlyt eltolja a kioldás irányába, így az oldatban a cink koncentrációja megnövekszik. A legalacsonyabb cinkkoncentrációk ebben az esetben a DTPA-oldatban voltak mérhetőek, átlagosan 0,44 mg/kg. Ennek okát abban látjuk, hogy a DTPA-oldatának pH értéke 7,2, ugyanakkor a cinkvegyületek savas közegben jobban oldódnak (1. ábra).

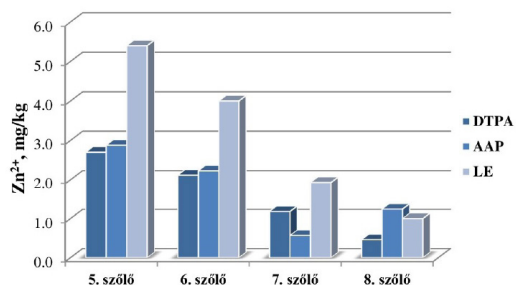
1. ábra. A vizsgált extraháló szerek összehasonlítása a szántóföldek felvehető cink tartalmának függvényében



Forrás: saját szerkesztés

A szőlőültetvények mintáinál szintén a Lakanen–Erviö-oldat bizonyult a leghatékonyabbnak. Ebben a kivonószerben átlagosan 3,1 mg/kg cinket mértünk. Az ammónium acetát puffer oldat által kivont cink átlagmennyisége 1,73 mg/kg. A DTPA-pufferoldat, egy minta kivételével, valamivel kevesebb cinket oldott ki a szőlő alatti talajok mintáiból, mint a pH=4,8-as ammónium-acetát. A DTPA-kivonatban mért cink közepes koncentrációja 1,60 mg/kg volt (2. ábra).

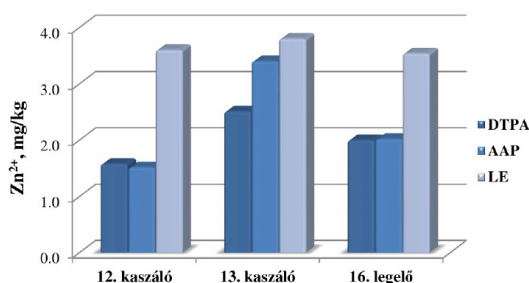
2. ábra. A vizsgált extraháló szerek összehasonlítása a szőlőültetvények felvehető cinktartalmának függvényében



Forrás: saját szerkesztés

A kaszálók és a legelő talajaiban is az a tendencia figyelhető meg, mint a szántóknál és a szőlőültetvényeknél. A vizsgált mintákban a Lakanen–Ervio-oldat által kivont cink mennyisége volt a legmagasabb – ez esetben átlagosan 3,6 mg/kg –, az Ukrajnában szabványosított ammónium-acetát pufferoldatban átlagosan 2,3 mg/kg cinket mértünk, míg a DTPA kivonószerben valamivel kevesebbet, átlagban 2 mg/kg (3. ábra).

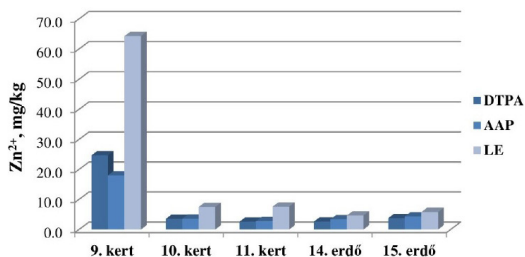
3. ábra. A vizsgált extraháló szerek összehasonlítása a kaszálók és a legelő felvehető cinktartalmának függvényében



Forrás: saját szerkesztés

Az erdők és a kertek talajmintáinak esetében szintén a Lakanen–Ervio-kivonószer bizonyult a leghatékonyabbnak. Az etiléndiamin-tetraacetátot is tartalmazó extraháló szer a kertek talajából viszonylag sok cinket oldott ki, így az átlagos érték – 18 mg/kg – magasabb, mint a többi vizsgált terület-használat esetében. A kertekben begyűjtött talajmintákból az ammónium-acetát puffer oldat vonta ki a legkevesebb cinket. Viszont az erdőkből származó talajminták esetében a DTPA-pufferoldat volt a legkevésbé hatékony kivonószer. A DTPA- és az ammónium-acetát pufferoldatokban mért felvehető cink koncentráció átlagosan 7,5 mg/kg, illetve 6,5 mg/kg (4. ábra).

4. ábra. A vizsgált extraháló szerek összehasonlítása a kertek és az erdők felvehető cinktartalmának függvényében



Forrás: saját szerkesztés

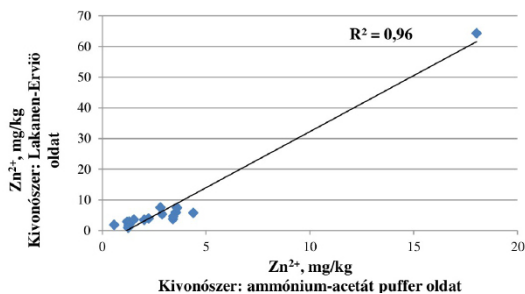
A vizsgált extraháló szerek közül – a felvehető cink mennyiségének tekintetében – összességében a komplexképzőt is tartalmazó Lakanen–Ervio-kivonószer bizonyult a leghatékonyabbnak minden talajhasználati típusnál. Az átlagértékeket tekintve – a kaszálók és a legelő talajmintáin kívül – az ammónium-acetát puffer oldatban magasabb cinkmennyiséget mértünk, mint a DTPA-pufferoldatban. Viszont néhány minta esetében a DTPA-kivonószerrel egyértelműen több cinket sikerült oldatba vinni. A két extraháló szer közötti különbség eltérésének oka a talajok kémhatására vezethető vissza. Megállapítottuk, hogy a közel semleges, gyengén savanyú kémhatású talajok esetében a pH=7,2-es DTPA-kivonószer a hatékonyabb, viszont az erősen savanyú talajokból az Ukrajnában szabványosított ammónium-acetát pufferoldat több cinket extrahál.

A VIZSGÁLT KIVONÓSZEREKKEL OLDATBA VITT CINKKONCENTRÁCIÓK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK VIZSGÁLATA

A talajokban az ammónium-acetát, a Lakanen–Ervio- és a DTPA kivonószerekkel meghatározott felvehető cink tartalomra vonatkozóan korrelációs és regressziós analízist végeztünk. A statisztikai vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a talajoknak a Lakanen–Ervio-és az ammónium-acetát pufferoldatokban meghatározott cink koncentrációja között

erős lineáris összefüggés van. A kapcsolatot leíró egyenlet a következő: $y = 3,65x - 4,25$, melynek determinációs együttható értéke $R^2 = 0,96$. Az említett két kivonószert szoros kapcsolatát az 5. ábra szemlélteti.

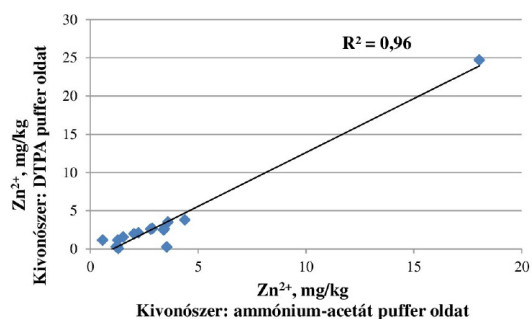
5. ábra. A Lakanen-Erviö- és az ammónium-acetát pufferoldatokkal kivont cinkkoncentrációk közötti összefüggés



Forrás: saját szerkesztés

A talajok DTPA- és ammónium-acetát puffer kivonószerekben meghatározott felvehető cink koncentrációja között szintén erős lineáris összefüggés van. Ebben az esetben az összefüggést az $y = 1,41x - 1,46$ egyenlet fejezi ki, amelyre vonatkozóan a determinációs együttható értéke $R^2=0,963$ (6. ábra).

6. ábra. A DTPA- és az ammónium-acetát pufferoldatokkal kivont cinkkoncentrációk közötti összefüggés



Forrás: saját szerkesztés

A három extraháló szerrel meghatározott felvehető cinkkoncentrációk közötti összefüggéseket leíró egyenleteket, valamint a hozzájuk tartozó determinációs együtthatók értékét a 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat. A kivonószerek közötti összefüggést leíró egyenletek

Az összefüggéseket leíró egyenletek	R^2
$Zn\ AAP = 0,26 * Zn\ LE + 1,24$	0,96
$Zn\ AAP = 0,68 * Zn\ DTPA + 1,12$	0,96
$Zn\ LE = 3,65 * Zn\ AAP - 4,25$	0,96
$Zn\ DTPA = 1,41 * Zn\ AAP - 1,46$	0,96

*Zn AAP, Zn LE, Zn DTPA – a talajoknak az ammónium-acetát, a Lakanen-Erviö- és a DTPA-oldatokkal kivont felvehető cink tartalma, mg/kg

Forrás: saját szerkesztés

A Kárpátaljai-alföld talajaira vonatkozóan az összefüggéseket leíró egyenletek matematikailag átjárhatóságot biztosítanak az ammónium-acetát, a Lakanen-Erviö- és a DTPA-kivonószerekkel meghatározott felvehető cink tartalmak között. A lineáris egyenleteket felhasználva, az Ukrajnában használt pH=4,8-as ammónium-acetát puffer oldattal meghatározott felvehető cinkmennyiségek – jelenlegi vagy akár korábbi adatok egyaránt – átszámolhatók a számos országban használt Lakanen-Erviö- és DTPA-kivonószerekre, s így a mérési eredmények nemzetközi szinten is összevethetők.

A KÁRPÁTALJAI-ALFÖLD TALAJAI FELVEHETŐ CINKELLÁTOTSÁGÁNAK MEGÍTÉLÉSE NEMZETKÖZI ÖSSZEHASONLÍTÁSBAN

A FAO, a Finn Talajtani Intézet kezdeményezésére és a finn kormány anyagi támogatásával 1974-ben nagyszabású programot indított többek között azzal a céllal, hogy az egyes országok, illetve földrajzi régiók geológiai/talajtani/gazdálkodási eredetű mikroelemhiány vagy esetleges túlsúlyzónáit azonosítsa. Az akcióban európai, ázsiai, afrikai és dél-amerikai országok egyaránt részt vettek (Kádár 1995).

A FAO-vizsgálatok keretében először öt makroelem (N, P, K, Ca, Mg), majd hat esszenciá-

lis mikroelem (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) meghatározására került sor (Sillanpää, 1982). A felmérés jó áttekintést nyújtott a résztvevő országok talajainak és növényeinek tápanyagállapotáról, utalva azokra a térségekre, ahol makro- vagy mikroelem hiányok fordulhatnak elő. Ez a kísérletsorozat azt mutatta, hogy az érintett országok, illetve a vizsgált termőhelyek 49%-ban Zn, 31%-ban B, 14–15%-ban Mo és Cu, 10%-ban Mn, 3%-ban Fe hiánya állhat fenn. Toxicitás ezen elemekben gyakorlatilag nem jelentkezett (Sillanpää 1990).

A vizsgálataink lehetővé tették, hogy a Kárpátaljai-alföld talajainak felvehető cinktartalmát összehasonlítsuk a FAO által közölt, 30 országot képviselő mintaanyag releváns eredményeivel. A Finn Talajtani Intézetben végzett vizsgálatok során a talajok felvehető cink tartalmának meghatározásához DTPA-pufferoldatot alkalmaztak, így az összehasonlításhoz az ezzel a kivonószerezrel kapott eredményeinket vettük alapul (7. táblázat).

Az eredmények azt mutatták, hogy a Belgiumból származó talajminták felvehető cinktartalma volt a legmagasabb. Alacsonyabb, de meghaladja a Zbíral (2016) által DTPA-kivonószerezre felállított 2,5 mg/kg-os, magas ellátottsági kategóriát a finn talajok felvehető cinkkoncentrációja. Közepes értékűek a felvehető cinkkoncentrációk a magyarországi és az olaszországi talajokban, alacsony értékek pedig kizárólag Irak mintáiban figyelhetők meg.

A Kárpátaljai-alföld szántóinak talajaiban a felvehető cink koncentráció DTPA-kivonószereből mérve átlagosan 0,44 mg/kg, ami alacsony ellátottsági szintnek felel meg. A szőlőültetvények, a kaszálók, a legelő talajaiban a cinkellátottság közepesnek minősül. Néhány vizsgált talajban, elsősorban a kertből származó minták tartoznak ide – mérünk magas, a 2,5 mg/kg határértéket számottevően meghaladó cinkellátottságot is.

7. táblázat. A Kárpátaljai-alföld talajainak felvehető cinktartalma nemzetközi összehasonlításban

Ország	Belgium	Finnország	Magyarország	Olaszország	Irak	Kárpátaljai-alföld
Vizsgált talajminták száma	21	94	144	118	119	17
Zn (DTPA), mg/kg	5.2	2.8	1.2	2.3	0.3	2,1

Forrás: saját szerkesztés

Korábban Csoma és társai (2016a) vizsgálták Kárpátalja mezőgazdaságilag művelt talajainak mikroelem ellátottságát. Szintén Csoma és társai (2016b) tettek közzé adatokat a felvehető mikroelem, többek között a cink háttérkoncentrációira vonatkozóan a Kárpátaljai-alföld talajaiban. A felvehető mikroelem-mennyiségek kivonásához ammónium acetát pufferoldatot használtak. Vizsgálataik szerint a Kárpátaljai-alföld területének talajaiban a cink felvehető formáinak háttérkoncentrációja 2,11 mg/kg. Kárpátalja mezőgazdaságilag művelt talajainak szántott rétegében átlagosan 2,91 mg/kg felvehető cinktartalmat mértek.

Az Ukrajnában elfogadott pH=4,8-as ammónium-acetátos pufferoldattal végzett vizsgálatok eredményeit, az általunk leírt lineáris egyenletek ($Zn_{DTPA} = 1,41 * Zn_{AAP} - 1,46$) segítségével átszámoltuk DTPA-kivonószerezre. Számításaink szerint a Kárpátaljai-alföld talajaiban a felvehető cink háttér koncentrációja DTPA-kivonószerezre vonatkozóan 1,52 mg/kg. Ez az érték a Zbíral (2016) által, DTPA-kivonószerezre felállított határértékrendszer szerint közepesnek minősül. Kárpátalja mezőgazdasági területeinek talajaiban a felvehető cink átlagos koncentrációja DTPA-kivonószerezre átszámítva 2,65 mg/kg, amely Zbíral (2016) szerint magas koncentrációnak felel meg.

IRODALOMJEGYZÉK

1. CSOMA ZOLTÁN – BALOG NÓRA – CSOMA ZSUZSANNA – BONDARCSUK TATJANA (2016a): Nehézfémek háttér koncentrációi a talajban és felhasználásuk a szennyezettség indikálására egy Kárpátaljai minta területen. In Kiss Ibolya – Pincehelyi Zita Éva (szerk.): *XII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia*. Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Szentágotthai János Protestáns Szakkollégium, Beregszász, 35.
2. CSOMA ZOLTÁN – HADNAGY ISTVÁN – CSOMA ZSUZSANNA – BONDARCSUK TATJANA – BALOG NÓRA (2016b): Esszenciális mikroelemek felvehető mennyiségének területi eloszlása Kárpátalja mezőgazdasági területeinek talajaiban. In Berghauer Sándor (szerk.): *Társadalomföldrajzi kihívások és adekvát válaszlehetőségek a XXI. század Kelet-Közép-Európájában*. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola és Nemzetstratégiai Kutatóintézet, Beregszász, 570.
3. HAJDU CSILLA (2008): *Fizikai-kémiai felmérési/monitoring módszerek. Lakanen-Erviöféle kivonat készítése talajból*. Forrás: http://mokkka.hu/db1/rec_list.php?db_type=mysql&lang=hun&sheet_type=4&datasheda_id=364&sorszam=364&order=sorszam&sheet_type_filter=4,13&sheet_lang_filter=HU&alluser_filter= (Letöltve: 2018.12.17.)
4. KÁDÁR IMRE (1995): *A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezet- és természetvédelmi kutatások*. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium és a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest
5. KÁDÁR IMRE (2009): A talajszennyezés megítélése kutatói szemmel 4. *Agrokémia és talajtan*, 58. évf. 1. sz. 149–168.
6. KREMPER RITA – BERÉNYI SÁNDOR – NAGY PÉTER – KOVÁCS ANDREA – LOCH JAKAB (2008): Összefüggések a különböző talaj-kivonószerekkel kivont mikroelem tartalom és a fontosabb talajtulajdonságok között. In Simon László (szerk.): *Talajvédelem különszám*. Talajvédelmi Alapítvány, Nyíregyháza, 441.
7. LAKANEN, E. AND ERVIÖ, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agraria Fennica*, vol. 123. pp. 223–232.
8. LINDSAY, W. L. AND NORVELL, W. A. (1978): Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 42. iss. 3. pp. 21–28.
9. SILLANPÄÄ, M. (1982): *Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study*. No. 48. FAO Soils Bulletin, Rome
10. SILLANPÄÄ, M. (1990): *Micronutrient assessment at the country level: an international study*. No. 63. FAO Soils Bulletin, Rome
11. ZBÍRAL, J. (2016): Determination of plant-available micronutrients by the Mehlich 3 soil extractant – a proposal of critical values. In Václav Vaněk (eds.): *Plant, Soil and Environment*. Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture and National Reference Laboratory, Brno, p. 530.
12. Національний Стандарт України (2007): *Якість ґрунту. Визначення вміст у рухомих сполук цинку в ґрунтах буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії*. Київ: Держспоживстандарт України
13. Фатеев А. І. (2003): *Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України*. За ред. А. І. Фатеева, Я. В. Пащенко. –Харків: КП Друкарня № 13.

