

A 0,01 M kalcium-klorid és Baker-Amacher kivonószerek alkalmazásának lehetőségei a növények számára hasznosítható kálium meghatározásában

Bertáné Szabó Emese – Berényi Sándor –
Loch Jakab

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

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajok kálium-ellátottságának meghatározásakor a hazánkban általánosan elterjedt szaktanácsadási rendszerek az ammónium-laktát-ecetsavban (AL) mért kálium mennyiségét használják. A 0,01 M kalcium-klorid oldat lényegesen enyhébb extrahálószer, mely elsősorban a könnyen oldható és kicserélhető tápelem-tartalmat vonja ki. Már 1994-ben felmerült egységes európai bevezetése. Több európai országban megkezdődtek az ehhez szükséges kutatások, köztük hazánkban is a DATE Mezőgazdasági Kémiai Tanszékén. A módszer előnye, hogy egy kivonatból több tápelem is mérhető, ami lehetővé teszi a tápelem-arányok meghatározását is.

A Baker-Amacher módszer azon alapszik, hogy a kivonószert kalcium-kloridos közegben ismert mennyiségű káliumot, foszfort és magnéziumot tartalmaz. A talajkivonat készítése során adszorpciós és deszorpciós folyamatok játszódnak le, így a kezdeti és végső tápelem-koncentráció különbségéből meghatározható a felszabaduló illetve lekötődő K mennyisége.

Ebben a dolgozatban a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszerből (TIM) származó mintaanyagban (n=630) végzett összehasonlító vizsgálatok eredményeiről számolunk be, melyek célja, hogy megállapítsuk, indokolt lehet-e a hagyományos módszer mellett új kivonószerek használata a talajok K-ellátottságának jellemzésére.

Az összefüggés-vizsgálatok során az AL-K és 0,01 M CaCl₂-K között közepes erősségű korrelációt (r=0,75) állapítottunk meg. Számításaink igazolták a korábbi vizsgálatok eredményeit, bizonyították, hogy a két kivonószert a talaj tápelem-tartalékait nem azonos mértékben oldja, illetve cseréli ki. Megállapítottuk, hogy a kötöttség, a pH, a karbonátosság és a humusztartalom módosítja a kivonószerek közti összefüggés szorosságát.

Az AL és a Baker-Amacher egyensúlyi kivonószert összehasonlításakor a mért értékek között gyenge összefüggést találtunk (r=0,45). Megállapítottuk, hogy az AL módszerrel jól ellátottnak minősített mintákban is előfordulhat lekötődés, ami az agyagtartalommal és agyagásvány-összetétellel hozható összefüggésbe, de a tápanyag-ellátottsági kategóriánként meghatározott átlagos dK értékek azt mutatták, hogy az egyes ellátottsági kategóriák általában megbízhatóan jellemzik a talajt.

Ez alapján kijelenthetjük, hogy a tápanyagszükséglet pontos becslésére szükség van más kivonószerek alkalmazására is. Megállapítható, hogy az AL módszert mindkét kalcium-kloridos eljárás hasznosan egészítheti ki, és elősegítenék a hatékonyabb kálium utánpótlást.

Kulcsszavak: 0,01 M CaCl₂, Baker-Amacher talajteszt, növények számára felvehető K

SUMMARY

The Hungarian fertilizing recommendation systems use AL soil test for the evaluation of potassium supply. The 0.01 M CaCl₂ is a definitely milder extractant, it extracts the easily soluble and exchangeable potassium amount. Its European introduction was already taken into consideration in 1994. The research project on this topic is started in several European countries, also in Hungary at the Department of Agricultural Chemistry of Agricultural University of Debrecen. Another advantage this multielement method is that the different element-ratios can also be calculated.

The Baker-Amacher extractant's principle is that it contains a known amount of K, P, Mg in the CaCl₂ solution. During the soil extraction adsorption and desorption process take place, so the adsorption or desorption can be calculated from the original and the final concentrations.

In this paper we introduce the results of comparing analysis of the samples (n=630) from Soil Information and Monitoring System. Our aim was to measure the use of new extractants beside conventional extractant (AL) for the evaluation of K-supply would be reasonable.

It can be stated that there is a medium close relationship (r=0.75) between AL-K and 0.01 M CaCl₂-K. My calculations confirmed the results of former examinations, and proved that the two extractants don't extract and change the same rate of K-fractions. We found that regression between 0.01 M CaCl₂ and AL depend on texture classes, pH classes, amount of lime, and organic matter content of soils.

Comparing the relations between AL and Baker-Amacher we find relatively loose correlation (r=0.45). We stated that there are K-fixing soils among soils considered to be well supplied with potassium by AL. This might be caused by the high amount of mineral clay and the quality of mineral clay. We stated that the dK averages show that the Hungarian nutrient-supply categories characterize generally well K-supplement of soil.

It can be stated that it would be necessary to use new extractants to specify evaluation of plant available K. We found that the 0.01 M CaCl₂ and Baker-Amacher extractants could complete usefully the AL procedure and could help effective potassium fertilization

Keywords: 0,01 M CaCl₂, Baker-Amacher soil test, plant-available K

BEVEZETÉS ÉS SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A talaj tápanyag-ellátottságának becslésére különböző kémiai vizsgálati módszerek terjedtek el.

A növények a tápanyagok oldott és kicserélhető formáit képesek felvenni, így az egyes szaktanácsadási rendszerekben alkalmazott kivonószerek is ezek meghatározására törekszenek. Az erélyesebb (savanyú, nagy só-koncentrációjú) extraháló szerek azonban több tápanyagot vonnak ki, és a tartalékok egy részét is oldják (Novozamsky és Houba, 1987).

Az extrakciós talajvizsgálati módszereket a következőképpen oszthatjuk fel (Lakanen, 1962):

- vizes extrakció,
- szén-dioxiddal telített vizes extrakció,
- semleges sóoldatos extrakció,
- lúgos sóoldatos extrakció (lúgos puffer),
- savas extrakció,
- savas sóoldatos extrakció (savas puffer),
- kelátképzőkkel történő extrakció.

A hazai szaktanácsadásban alkalmazott módszerek is folyamatosan változtak az agrokémia fejlődésével.

Az egyszerűség, gazdaságosság és használhatóság kedvéért arra törekszünk, hogy egy-egy kivonatból több tápelemet is meghatározhassunk, ezért a P-meghatározásra választott eljárással a K-meghatározás módját is eldöntjük (Sarkadi, 1975).

Hazánkban elsőként a Sigmond Elek (1901) által ajánlott salétromsavas extrakciót használták a foszfor és kálium meghatározásra, egyben ez volt itthon az első műtrágyázási szaktanácsadás elősegítésére rendszeresen használt kémiai eljárás is. Hátránya, hogy a talaj karbonátosságát előzőleg külön meg kellett határozni a kivonáshoz szükséges salétromsav töménységének megállapításához.

Később a savas extrakció hibáját pufferolással kiküszöbölő eljárások terjedtek el világszerte. Itthon is elkezdtek alkalmazni a sósavas kalcium-laktát (DL) oldatot. Ez azonban a foszfor vizsgálatokra meszes talajon nem bizonyult megfelelőnek. Az 50-es évek végén Egnér et al. (1960) a Ca-laktát helyett a 3,75 pH-ra pufferolt ammónium-laktát-ecetsav (AL) alkalmazását javasolták. Itthon átvették az AL módszert, ami erélyesebb és jobban pufferolt kivonószert, a tartalékkészleteket is jellemzi. A MÉM-NAK laboratóriumok is az AL-oldható K- és P-tartalomra építették a szaktanácsadási rendszerüket (Buzás és Fekete, 1979). Az egyes európai országokban más-más kivonószereket szabványosítottak, így például Hollandiában a K meghatározására a 0,1 M HCl+0,2 M oxálsav elegyet használják, a foszfort pedig 20 °C-os vízben vagy AL-ban határozzák meg, attól függően, hogy szántóföldről vagy gyepterületről van szó.

Az analitikai módszerek fejlődésével a múlt század második felében előtérbe került az enyhe kivonószerek (desztillált víz, híg sóoldatok) alkalmazása, mivel feltehetőleg az ezekben oldódó tápelem mennyiség jól jellemzi az aktuálisan rendelkezésre álló tápelem-tartalmat (Loch, 2006).

Diest et al. (1993) szerint a 0,01 M CaCl₂-hoz hasonló enyhe kivonószerek az intenzív mezőgazdasággal rendelkező országokban terjedtek el, ahol nagy adagú trágyázás folyik, mivel ezek intenzitási paramétert mérnek.

A Pauw et al. (1971) által javasolt desztillált vizes extrakció nem terjedt el széles körben, mivel a talajszuszpenziók nehezen szűrhetők.

Schachtschabel (1954) a növények számára hozzáférhető P, K és Mg meghatározására a semleges kémhatású és híg – a talaj só-koncentrációjához közel álló – 0,0125 M kalcium-kloridot ajánlotta. Használata elsősorban Nyugat-Európában terjedt el a Mg meghatározására.

Houba et al. (1990) a makro- és mikro-tápelemek meghatározására a 0,01 M-os kalcium-kloridot javasolták. Ennek nyomán a DATE Mezőgazdasági Kémiai Tanszékén megkezdődött a kivonószert hazai talajokon való használhatóságának vizsgálata (Houba et al., 1991).

A nemzetközi szabványosítási szervezet (ISO TC 190 „Soil Quality”) is támogatta egy univerzális kivonószerről szóló párbeszéd és nemzetközi együttműködésben végzett kutatás megindítását. Ebben Hollandia, Lengyelország, és Csehország mellett a DATE Mezőgazdasági Kémiai Tanszéke is részt vett. A projekt (1995-1997) koordinátora V. J. G. Houba volt.

A talajvizsgálati módszerek alkalmazásának kezdetén még elképzelhető volt olyan módszer kifejlesztése, mely alapján a javasolt műtrágyaadag mennyisége pontosan megadható. Ma már tudjuk, hogy a talajban lejátszódó folyamatok jellemzésére önmagában is alkalmas kivonószert nem létezik, a tápelem-szükséglet csak becsülhető (Sarkadi, 1975).

A talaj tápanyag-szolgáltató képességét egyetlen extrakciós módszerrel nem lehet meghatározni a növény teljes tenyészidejére vonatkozóan, hiszen az aktuális tápelem-tartalom folyamatosan változik, attól függően, hogy a talaj mennyi tartalékkészlettel rendelkezik és azok milyen mértékben mobilizálódnak. A megállapított műtrágyaadag érvényesülését is több talajtulajdonság befolyásolja.

A kálium- és a foszfor-dinamika vizsgálatára ugyan vannak lehetőségek, de egyik tápelem esetében sem terjedtek el, mivel időigényesek, így sorozatvizsgálatokra nem alkalmasak (Németh, 1972; Fardeau, 1996).

A leköttetés vizsgálatára alkalmas a Baker-Amacher talajteszt (Baker és Amacher, 1981), amely egy több-tápelemes kivonószert. A szerzők célkitűzése túlmutat a könnyen oldható, kicserélhető tápelem-tartalom meghatározásán. Az extrahálószert adott kis mennyiségű P, K, Mg lehetővé teszi az adszorpciós, deszorpciós viszonyok tanulmányozását, és ezzel a műtrágya szükséglet pontosabb becslését. A módszer azon alapszik, hogy kalcium-kloridos közegben – az egyensúly beállta után – vizsgáljuk a kivonószertel hozzáadott elemek adszorpcióját vagy a kicserélhető tápelem-tartalom deszorpcióját. Az elemek megkötődése, illetve felszabadulása az egyensúlyi és az eredeti oldat koncentráció különbségéből számítható (dP, dK, ill. dMg). A módszert Baker és Amacher eredetileg a P és K vizsgálatára dolgozta ki, majd Jászberényi et al. (1999) módosításával lehetővé vált a Mg vizsgálata is.

Jászberényi et al. (1999) a Wageningeni Egyetem Nemzetközi Talajcsere Programjának (ISE) 41 talajmintáját vizsgálta meg, 0,01 M kalcium-kloriddal, majd a Baker-Amacher módszerrel. A két kivonószereben mért tápelem-tartalmak közötti korreláció szoros, szignifikáns volt ($r^2=0,96$).

Loch (2006) szerint a kivonószerek egyike legyen alkalmas a könnyen oldható és kicserélhető készletek, a másik, erősebb oldat pedig a könnyen mobilizálódó tartalékok kivonására (aktuális és potenciális tápelem-készlet).

Több tanulmány is megállapította már, hogy a 0,01 M CaCl_2 -ban mért tápelem mennyiség egy intenzitási paraméter, ami a könnyen felvehető tápelem-tartalmat jellemzi (Diest et al., 1993; Fotyma et al., 1996; Baier és Baierova, 1997). Ezzel szemben a savanyú kémhatású sóoldatokkal való extrakció, mint a hazánkban is használt AL vagy a DL a tartalékkészletek egy részét is oldják, így ezekkel a módszerekkel úgynevezett kapacitási paramétert kapunk (Houba et al., 1991; Fotyma et al., 1998).

Loch et al. (2005) vizsgálatai szerint a 0,01 M CaCl_2 kivonószereben mért tápelem-koncentráció közelíti a talajoldatét.

A módszer előnyei:

- a híg sóoldat enyhe oldó és ionkicserélő hatása,
- a kivonószere Ca-koncentrációja közel áll a talajoldat koncentrációjához,
- a kivonat jól szűrhető,
- több tápelem jól mérhető benne,
- a szervesetlen ionokon kívül, egyes elemek könnyen oldható és oxidálható szerves frakciói is meghatározhatók a kivonatban.

A trágyázás hatását a 0,01 M CaCl_2 oldható tápelem frakciókra számos szabadföldi tartamkísérletben vizsgálták. Sarkadi Martonvásáron 1955-56-ban állított be kísérletet csernozjom talajon, az istállótrágya és műtrágya hatásának összehasonlítására. A kísérletet Jászberényi et al. (1994) nyomán ismertetem. A számított K-mérleg, valamint a 0,01 M CaCl_2 -K frakció között szoros szignifikáns összefüggés volt igazolható. A K kezeléseknél, lineáris illesztéssel, $r=0,914$ jellemezte a korrelációt, tehát a 0,01 M CaCl_2 érzékenyen jelzi a K trágyázás tartamhatását.

Az 1995 és 1997 között nemzetközi együttműködésben végzett projekt elsődleges célja volt a 0,01 M CaCl_2 kalibrálása a hagyományosan alkalmazott módszerekkel (Houba, 1998). Az egyes országokban használt hagyományos módszerek és a 0,01 M CaCl_2 -ban oldható K tartalom közti korrelációt szemlélteti az 1. táblázat.

Látható, hogy a holland, cseh és lengyel vizsgálatok alapján a hagyományos módszerek és a 0,01 M CaCl_2 -os módszerrel kapott eredmények között szoros a kapcsolat. Ez a magyar talajokon is hasonlóan alakult, azonban az agyagtalajokon csak közepes erősségű volt az összefüggés. A 0,01 M CaCl_2 kalibrálásának a K meghatározására hagyományosan használt módszerekkel nincs akadálya, és a mért értékek átszámíthatók (Fotyma et al., 1996; Baier és Baierova, 1997; Loch és Jászberényi, 1997; Erp et al., 1998).

1. táblázat

A hagyományos kivonószerekben és a 0,01 M-os CaCl_2 -ban mért K közti regresszió-analízis eredménye a kötöttség és a szervesanyag-tartalomtól függően

ország(1)	talaj(2)	n	r
Csehország(3) (0,01 M CaCl_2 - Mechlich)	homok(7)	100	0,77
	vályog(8)	39	0,83
	agyag(9)	111	0,93
	összes (lineáris)(10)	250	0,86
Magyarország(4) (0,01 M CaCl_2 -AL)	homok(7)	206	0,68
	vályog(8)	295	0,84
	agyag(9)	131	0,73
	összes (lineáris)(10)	632	0,79
Hollandia(5) (0,01 M CaCl_2 -HCl)	összes (lineáris)(10)	41	0,92
Lengyelország(6) (0,01 M CaCl_2 -DL)	homok(7)	181	0,98
	vályog(8)	122	0,98
	agyag(9)	109	0,94
	alacsony szervesanyag tartalom(11)	206	0,98
	közepes szervesanyag tartalom(12)	122	0,97
	magas szervesanyag tartalom(13)	74	0,95
	összes (lineáris)(10)	412	0,97

Forrás: Houba, 1998(14)

Table 1: Results of regression analysis between potassium determined in conventional extractants and in 0.01 M CaCl_2 depending on texture classes and organic matter classes Country(1), Soil(2), Czech Republic(3), Hungary(4), The Netherlands(5), Poland(6), Sand(7), Loam(8), Clay(9), All soils (linear)(10), Low organic matter content(11), Medium organic matter content(12), Higher organic matter content(13), Source(14)

ANYAG ÉS MÓDSZER

A különböző talaj-extrakciós módszereket a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer 2004-ben gyűjtött talajmintáin teszteltük. A vizsgálatok során rendelkezésünkre álltak a TIM adatbázisból származó talajok fizikai tulajdonságai, AL-K tartalma és talaj-típusa.

A 0,01 M CaCl_2 talajextrakciós eljárást Houba et al. (1990) módszerével végeztük, mely szerint 5 g előkészített (darált, szitált, szárított) talajmintát 50 ml kivonószerevel 2 óráig körforgó rázógéppel ráztattuk. Az extraktumok káliumtartalmát szűrés és a Ca^{2+} -ionok oxálsavas lecsapása után UNICAM SP95B AAS műszerrel határoztuk meg lángemissziós spektrofotometriai módszerrel.

A Baker-Amacher egyensúlyi kivonószere összetétele a következő: 50×10^{-4} M CaCl_2 , 10×10^{-4} M MgCl_2 , $2,5 \times 10^{-4}$ M KH_2PO_4 , 4×10^{-4} M DTPA. A talajkivonat készítésekor 3 g előkészített talajt ráztattunk 30 ml kivonószerevel 2 órán keresztül. A talaj-szuszpenziót leszűrtük, majd a 0,01 M CaCl_2 -os módszernél leirtaknak megfelelően előkészítettük és megmértük az egyensúlyi kálium koncentrációt. Az egyensúlyi és kezdeti koncentrációk különbségéből

számítottuk a dK értéket, melyet (mg/kg) egységben fejeztük ki (Jászberényi et al., 1999).

A mért értékek közötti kapcsolatot lineáris regressziós analízissel vizsgáltuk. A kapcsolat szorosságát, valamint a kivonászerekben mért K értékek arányait a fontosabb talajtulajdonságok függvényében is meghatároztuk.

A talajok kötöttség szerinti osztályozásakor a Houba (1998) által javasolt beosztást vettük alapul, melyben a különböző országok közti kommunikáció egyszerűsítése érdekében állapodtak meg a Copernicus projekt (1995-1997) résztvevői. A határértékeket a 2. táblázat tartalmazza. A talajok pH szerinti beosztása a 3. táblázatban látható, amelyet Fotyma et al. (1998) javasolt a 0,01 M CaCl₂-pH értékre, a KCl-os és CaCl₂-os módszerek összehasonlítása után.

2. táblázat

A talaj kötöttségi kategóriái a leiszapolható rész aránya alapján (%)

kategória(1)	leiszapolható rész (%) (7)
durva homok(2)	<10
homok(3)	10-20
vályog(4)	20-40
agyagos vályog(5)	40-65
agyag(6)	>65

Forrás: Houba, 1998(8)

Table 2: Soil texture classes based upon particle size (%)

Category(1), Coarse sand(2), Sand(3), Loam(4), Loamy clay(5), Clay(6), Particle size <0.02 mm (%) (7), Source(8)

3. táblázat

A talajok kalcium-kloridos pH alapján történő osztályozása

kategória(1)	0,01 M CaCl ₂ -pH
erősen savanyú(2)	<5
savanyú(3)	5,05-5,75
gyengén savanyú(4)	5,8-6,5
semleges(5)	6,55-7
gyengén lúgos(6)	>7,05

Forrás: Fotyma et al., 1998(7)

Table 3: The pH_{CaCl2} values for pH classes

Category(1), Very acid(2), Acid(3), Slightly acid(4), Neutral(5), Slightly alkaline(6), Source(7)

EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Az AL-K és 0,01 M CaCl₂-ban meghatározott K-tartalom kapcsolata

A lineáris regressziós analízis eredményét az összes talajra vonatkozóan az 1. ábra mutatja. A két kivonászerben mért K-tartalom közti összefüggés szignifikáns, és közepes ($r=0,75$).

A két módszer vizsgálatokor a teljes mintaanyagon kapott összefüggés szorosságát javítja, ha figyelembe vesszük az egyes kivonászerek által oldott és kicserélt K mennyiségét nagy mértékben

befolyásoló talajtulajdonságokat. Ezek a szakirodalmi adatok és az eddigi tapasztalatok alapján a kötöttség, a karbonátosság, a pH- és a humusztartalom. A talaj fizikai és kémiai jellemzői eltérő mértékben módosítják a kivonat K-tartalmát. Ezt a hatást szükséges megismernünk, ha értelmezzük a kapott adatokat, és jellemezni kívánjuk a talaj K-ellátottságát.

1. ábra: Az AL-K és CaCl₂-K értékek közti regressziós analízis eredménye (n=630)

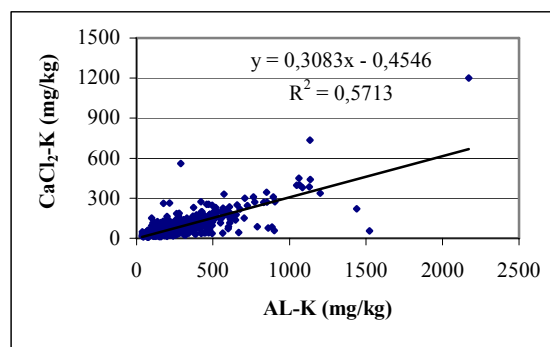


Figure 1: Regression between potassium content determined in AL and in CaCl₂ (n=630)

A mért értékek közötti összefüggés a kötöttség függvényében

A talajokat a leiszapolható rész alapján öt kategóriába osztottuk. Az egyes kötöttségi kategóriákon belül meghatároztuk a 0,01 M-os CaCl₂ és AL által kivont K átlagos értékét, az átlagok különbségét és az arányukat. Az adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A talajok átlagos K-tartalma kötöttségi kategóriánként (mg kg⁻¹)

kategória(1)	n	CaCl ₂ -K	AL-K	különbségük(7)	arányuk(8)
durva homok(2)	35	73,3	122,9	49,6	1,68
homok(3)	38	75,2	162,9	110,5	2,17
vályog(4)	143	81,7	233,1	151,4	2,85
agyagos vályog(5)	250	85,7	290,8	205,5	3,39
agyag(6)	164	95,0	365,1	270,0	3,84

Table 4: Potassium content of soil texture categories

Category(1), Coarse sand(2), Sand(3), Loam(4), Loamy clay(5), Clay(6), Difference(7), Ratio(8)

A 0,01 M-os CaCl₂-ban oldott K tartalom, a minták átlagában, kis mértékben nő a kötöttség függvényében. Az AL-K jóval nagyobb arányú emelkedéséből adódóan a különbségük és az arányuk is növekszik. Az arány másfélszerestől közel négyszeresig változik, legnagyobb az agyagtalajokon. A nagy leiszapolható részt (agyag és iszap frakció) tartalmazó talajok K-tartalma nagyobb,

amelynek jelentős részét oldja és cseréli ki az AL, viszont ez a mennyiség feltehetően nem azonos a növények számára hozzáférhető tápelem-tartalommal, ahogy azt a CaCl_2 -os értékek is mutatják. Ezért az AL-K adatok értékelésekor a MÉM-NAK szaktanácsadási rendszer figyelembe is veszi a kötöttséget. Az eredményekből az is kitűnik, hogy a 0,01 M-os CaCl_2 -ban mért K mennyisége kisebb mértékben függ a talaj leiszapolható részének arányától, ami leegyszerűsítheti a kapott értékek értelmezését.

Ha a leiszapolható rész szerint szétválogatott talajokon vizsgáljuk a kivonószerek kapcsolatát, az 5. táblázatban látható korrelációs együtthatókat kapjuk. A kötöttséget figyelembe véve az összefüggés szorosabb lett, vagy nem változott ($r=0,73-0,92$). A legszorosabb korrelációt a durva homoktalajokon kaptuk, míg a kötöttebb talajokon gyengébb volt az összefüggés. Ennek oka mellett, hogy az egyes kivonószerekben mért K mennyisége is a legközelebbi homoktalajokon, a legtávolabbi pedig agyag talajokon áll egymáshoz, abban is keresendő, hogy a K-tartalmak, amiket az AL erélyességének köszönhetően jól jellemez, eltérő mértékben vannak jelen homok- és agyagtalajokon. A nagy agyagtartalmú talajok az őket alkotó agyagásványok minőségétől függően akár jelentős mértékben fixálhatják is a káliumot.

5. táblázat

A 0,01 M CaCl_2 -K és AL-K közti korreláció a kötöttség függvényében

kategória(1)	n	R^2 (AL- CaCl_2)
durva homok(2)	35	0,84
homok(3)	38	0,69
vályog(4)	143	0,54
agyagos vályog(5)	250	0,68
agyag(6)	164	0,55
összes(7)	630	0,57

Table 5: Results of regression analysis between 0,01 M CaCl_2 -K and AL-K depending on texture classes

Category(1), Coarse sand(2), Sand(3), Loam(4), Loamy clay(5), Clay(6), All soils(7)

A K tartalmak talajoldatba kerülésének a kötöttségtől való függését támasztja alá a 2. ábra is, amely a durva homok és az agyag kötöttségi kategóriákban kapott összefüggést mutatja. Látható, hogy azonos CaCl_2 -K szinthez jóval magasabb AL-ban mért káliumtartalom tartozik agyagtalajokon.

2. ábra: A durva homok és agyag kategóriákban kapott korreláció

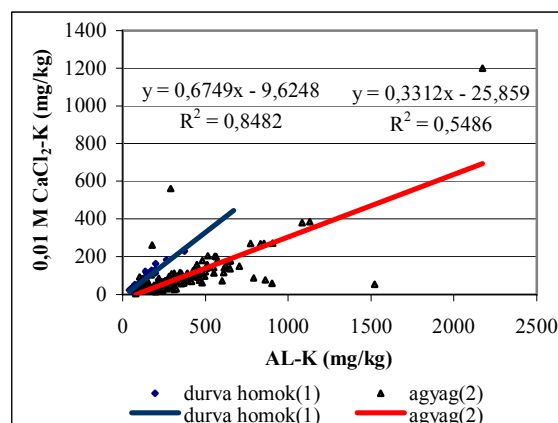


Figure 2: Result of regression analyses on very light and very heavy texture soils

Very light texture(1), Very heavy texture(2)

A mért értékek közötti összefüggés a pH és karbonátosság függvényében

A kivonószerekben mért K értékek különbségét és arányát mutatja a 6. táblázat. A 0,01 M kalcium-kloridban mért K értéke kis mértékben változott a pH függvényében, ezzel szemben az AL-K semleges pH-ig nő, majd gyengén lúgos talajokon csökken. Ennek következtében, a minták átlagában, különbségük és az arányuk is semleges pH-n a legnagyobb, majd gyengén lúgoson visszaesik. Az AL által kivont kálium mennyiségét tehát a kötöttséghez hasonlóan a pH is befolyásolja.

6. táblázat

A kivonószerekben mért K mennyiségének kapcsolata a pH függvényében (mg kg^{-1})

pH	n	CaCl_2 -K átlag(6)	AL-K átlag(7)	különbségük(8)	arányuk(9)
erősen savanyú(1)	56	84,8	202,1	117,3	2,38
savanyú(2)	82	80,3	236,3	156,0	2,94
gyengén savanyú(3)	105	83,3	269,3	186,0	3,23
semleges(4)	62	85,5	336,4	250,9	3,93
gyengén lúgos(5)	325	86,8	294,4	207,6	3,39

Table 6: Relation between the amount of K determined in the two soil extractants depending of pH classes

Very acid(1), Acid(2), Slightly acid(3), Neutral(4), Slightly alkaline(5), Average of CaCl_2 -K(6), Average of AL-K(7), Difference(8), Ratio(9)

A gyengén lúgos talajokon tapasztalt AL-K csökkenés vizsgálatára tovább osztottuk ezeket karbonátosság szerint is. A kapott eredményeket a 7. táblázat szemlélteti. A 0,01 M kalcium-klorid által oldott és kicserélt K mennyisége láthatóan a CaCO₃-tartalom függvényében sem változik nagy mértékben, míg az AL-K átlaga karbonátos talajokon jóval alacsonyabb. Az a szakirodalomban szereplő vélemény, hogy a talaj mésztartalma bizonyos mértékben tompítja az AL savasságát, így módosítva az oldott K mennyiségét, jól megfigyelhető a mi méréseink alapján is.

A korrelációk a pH függvényében a következőképpen alakultak. A legszorosabb gyengén savanyú (r=0,88) és semleges kémhatású (r=0,87) talajokon volt, de a savanyú (r=0,76) és gyengén

lúgos (r=0,79) talajokon is szorosabbá vált az összefüggés a teljes mintaanyagban tapasztalható képest. Az erősen savanyú talajokon kis mértékben romlott (r=0,68). Ebből is látszik, hogy a pH-t figyelembe véve, mint a kötöttségénél is, a két kivonószert közti összefüggés általában szorosabbá vált.

A gyengén lúgos talajokon a karbonátosság függvényében vizsgált korrelációk is eltérnek az egész mintaanyagon tapasztalttól. Gyengén karbonátos talajokon r=0,67, közepesen karbonátos talajokon r=0,7, erősen karbonátos talajokon pedig r=0,89. Ennek oka, mint az arányok és különbségek kapcsán már említettem, hogy a karbonátos talajok CaCO₃ tartalma tompítja az AL savasságát.

7. táblázat

A gyengén lúgos talajok felosztása karbonátosság szerint

karbonátosság(1)	n	CaCl ₂ -K (mg kg ⁻¹) átlag(5)	AL-K (mg kg ⁻¹) átlag(6)	különbségük(7)	arányuk(8)
gyengén karbonátos(2)	154	83,6	306,1	222,5	3,66
közepes karbonát tartalom(3)	145	88,8	287,6	198,8	3,24
karbonátos(4)	27	92,7	261	168,3	2,82

Table 7: Division of alkaline soils by the amount of carbonate

Amount of carbonate(1), Less amount of carbonate(2), Medium amount of carbonate(3), High amount of carbonate(4), Average of CaCl₂-K (mg kg⁻¹)(5), Average of AL-K (mg kg⁻¹)(6), Difference(7), Ratio(8)

A mért értékek közötti összefüggés a humusztartalom függvényében

Következő vizsgálati szempontunk a talaj humusztartalma volt. Ezt azonban nem célszerű az egész mintaanyagon vizsgálnunk, hiszen adott humusztartalom különböző talajokon nem azonos jelentéssel bír (eltérő oxidációs viszonyok). A talajokról rendelkezésre álló információk közül a kötöttségi kategóriákat tartottuk fontosnak figyelembe venni a humusztartalom szerinti felosztáskor.

A vizsgálat eredményeit a 8. táblázat tartalmazza. Az adatokból kitűnik, hogy a humusztartalom befolyásolja a 0,01 M CaCl₂ által kivont K mennyiségét. A nagyobb humusztartalmú talajokon több káliumot old és cserél ki a 0,01 M CaCl₂. Ettől egyedül az agyag talajokon tértek el kis mértékben az eredmények, ahol nagy szerepet játszhat az agyagtartalom minősége is. Az a tény, hogy a nagyobb humusztartalmú talajok tápanyagellátása jobb, és ezt a 0,01 M CaCl₂ meg is mutatja, a mi adataink alapján is megállapítható.

8. táblázat

A talajok káliumtartalma a kötöttség és humusztartalom függvényében

humusztartalom(1)	n	CaCl ₂ -K (mg kg ⁻¹) átlag(3)	AL-K (mg kg ⁻¹) átlag(4)	különbségük(5)	arányuk(6)	r ²	r
homok(7)							
átlag(2) 0,6%	48	73,8	127,9	54,1	1,73	0,76	0,87
átlag(2) 1,5%	71	75,4	176,1	100,7	2,34	0,73	0,85
vályog(8)							
átlag(2) 1,3%	84	72	181,3	97,3	2,52	0,42	0,65
átlag(2) 2,6%	52	101,6	299,9	247,9	2,95	0,77	0,88
agyagos vályog(9)							
átlag(2) 1,6%	94	68	372,6	278,6	5,48	0,73	0,85
átlag(2) 2,7%	142	99	338	196	3,41	0,66	0,81
agyag(10)							
átlag(2) 1,6%	28	66,5	283,3	255,3	4,26	0,57	0,75
átlag(2) 2,9%	113	104,9	383,9	270,9	3,66	0,63	0,79
átlag(2) 4,9%	22	82,5	319,8	297,8	3,88	0,9	0,95

Table 8: Potassium content of humus and soil texture categories

Organic matter content(1), Average(2), Average of CaCl₂-K (mg kg⁻¹)(3), Average of AL-K (mg kg⁻¹)(4), Difference(5), Ratio(6), Sand(7), Loam(8), Loamy clay(9), Clay(10)

Az AL-K értéke homok- és vályogtalajokon megfelel a vártnak, azonban az agyagos vályog és agyag kategóriákban eltérő eredményeket kaptunk. Ennek az lehet az oka, hogy az AL-K, mint már korábban megállapítottuk, nagyobb mértékben függ az agyagásványok kicserélhető K-tartalmától, ami pedig nem feltétlenül nő arányosan az agyagtartalommal (befolyásolja az agyagásvány-összetétel).

A bemutatott adatok alapján megállapítható, hogy leginkább az agyagtartalom befolyásolja a két kivonószer kapcsolatát. Ezen kívül a pH, karbonátosság és humusztartalom is módosítja az összefüggést. A gyakorlatban az AL-K értelmezésekor nehézkes lenne minden tényező figyelembe vétele (a kötöttséget jelenleg is figyelembe vesszük). Ez indokolja az AL mellett a 0,01 M CaCl₂ kivonószer bevezetését a hazai szaktanácsadásban.

A Baker-Amacher kivonószer jellemzése

A növények számára ténylegesen hozzáférhető K mennyiségét a már említett talajtulajdonságokon kívül egy olyan tényező is befolyásolja, melynek meghatározása túl időigényes és költséges ahhoz, hogy a szaktanácsadási gyakorlatban közvetlenül figyelembe lehessen venni. Ez az agyagtartalom agyagásvány összetétele. Az egyes agyagásvány típusoknak eltérő a káliumtartalma, és bennük eltérő mértékben mobilizálódik vagy fixálódik a kálium. A lekötődés mértékének vizsgálatára alkalmas a Baker-Amacher kivonószer. A talajminták egy részén (n=160) meghatároztuk az említett kivonószerrel a K-deszorpciót (dK), esetleg K-adszorpciót (-dK). A kapott értékek és az AL-K közötti korrelációt mutatja a 3. ábra.

3. ábra: Az AL-K és dK értékek közti regressziós analízis eredménye (n=160)

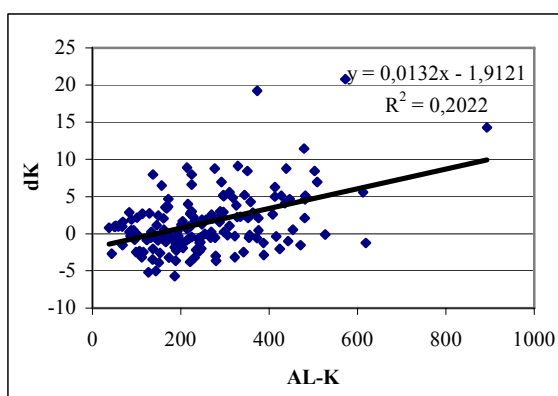


Figure 3: Regression between potassium content determined in AL and dK values determined in Baker-Amacher extractant (n=160)

A kapcsolat gyenge ($r=0,45$). Az eredmény megfelel annak, amit várhatunk az eddigi ismereteink alapján.

Az AL erélyes, a tartalék tápanyagokat is kioldó kivonószer, míg a Baker-Amacher egy semleges sóoldat, ráadásul belőle akár fixálódhat is a K.

A dK és AL-K közötti kapcsolat elemzéséhez az AL-ban mért káliumtartalom alapján besoroltuk az egyes talajokat az 1987-es MÉM-NAK határértékek szerinti tápanyag-ellátottsági kategóriákba. A tápanyag-ellátottsági szintek átlagos dK értékeit a 9. táblázat tartalmazza.

A táblázat adataiból kitűnik, hogy a dK átlagok növekvő tendenciájúak a javuló K-ellátottságnak megfelelően. Az igen gyenge és gyenge kategóriában a negatív előjel lekötődésre utal.

9. táblázat

A dK értékek átlaga tápanyag-ellátottsági kategóriánként

ellátottsági kategória(1)	n	dK átlag(9)
igen gyenge(2)	26	-1,058
gyenge(3)	27	-0,318
közepes(4)	32	0,918
megfelelő(5)	18	1,250
jó(6)	19	2,150
igen jó(7)	38	4,473
összes(8)	160	1,416

Table 9: Averages of dK values of Hungarian nutrient-supply categories

Nutrient-supply categories(1), Very weak(2), Weak(3), Medium(4), Enough(5), Good(6), Very good(7), All soils(8), Averages of dK(9)

A dK értékének egyes kategóriákon belüli szóródása miatt viszont azt mondhatjuk, hogy az AL-K értékek nem minden esetben jellemezték megbízhatóan a K-ellátottságot. Ezt szemlélteti a 4. ábra, melyen az igen jó és igen gyenge tápanyag-ellátottsági kategóriába eső talajok dK értékei szerepelnek. Láthatóan mindkét kategóriában akadtak talajok, melyek adszorbeálják a káliumot, csak nem ugyanolyan mértékben. A jól ellátott talajokon tapasztalt K-adszorpció magyarázata az agyagásvány összetételben keresendő, amire már az elején utaltunk. Egyes nagy agyagtartalmú, sok káliumot raktározó talajok nagyobb arányban tartalmaznak K-fixáló agyagásványokat, és megkötik a hozzáadott káliumot. Ebben az esetben az AL magas K-tartalmat mér, de a talaj mégis inkább adszorbeálja, mint deszorbeálja a káliumot.

Az említett okok miatt nem tűnik elegendőnek az AL kivonószerrel kapott információ a talajok K-ellátottságáról, és az eredmények alátámasztják az új kivonószeres létjogosultságát a szaktanácsadásban.

A 0,01 M-os CaCl₂ és Baker-Amacher kivonószeres között szoros, szignifikáns kapcsolat van ($r=0,9$), melyet az 5. ábra szemléltet.

A Baker-Amacher tesztet nem szükséges rendszeresen elvégezni, mivel az adszorpció és deszorpció viszonyok változása időben lassú. A Baker-Amacher vizsgálat elvégzése elsősorban kötött talajokon javasolt.

4. ábra: Az igen jó és igen gyenge tápanyag-ellátottsági kategóriákba eső talajok dK értékei

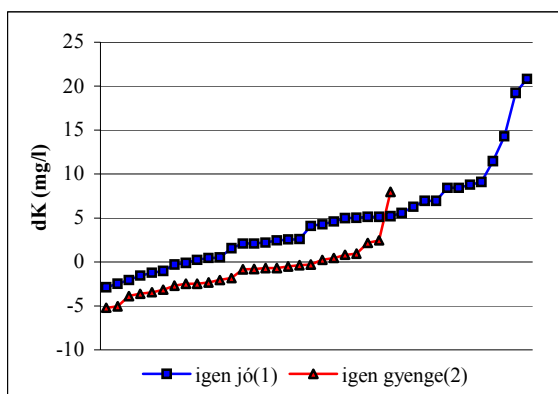


Figure 4: dK values in very low and very good nutrient supply categories

Very good(1), Very low(2)

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az összefüggés-vizsgálatok során bizonyítottuk, hogy a két kivonószert a talaj tápelem-tartalmait nem azonos mértékben oldja, illetve cseréli ki. Megállapítottuk, hogy a kötöttség, a pH, a karbonátosság és a humusztartalom módosítja a kivonószerek közti összefüggés szorosságát.

Az AL és a Baker-Amacher egyensúlyi kivonószerekben mért értékek között gyenge összefüggést találtunk, de a dK átlagok K-ellátottsági kategóriánkénti vizsgálata azt mutatta, hogy a minták átlagában a két kivonószerekben mért értékek összhangban állnak egymással.

5. ábra: A dK és CaCl₂-K értékek közti regressziós analízis eredménye

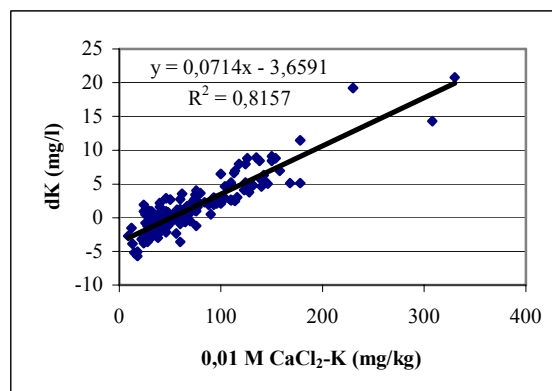


Figure 5: Regression between potassium content determined in Baker-Amacher (dK) and in CaCl₂ extracts

Megállapítottuk, hogy az AL módszerrel jól ellátottnak minősített mintákban is előfordulhat leköötődés, ami az agyagtartalommal és agyagásvány-összetétellel hozható összefüggésbe.

Ez alapján kijelenthetjük, hogy a tápanyagszükséglet pontosabb becsléséhez, elsősorban a könnyen hozzáférhető készletek, illetve a kálium leköötődés vizsgálatához szükséges más kivonószerek alkalmazása is. Megállapítható, hogy az AL módszert e tekintetben mindkét kalcium-kloridos eljárás hasznosan egészítheti ki, és a vizsgált módszerek alkalmazása elősegítheti, hogy hatékonyabb kálium utánpótlást valósíthassunk meg.

IRODALOM

- Baier, J.-Baierova, V. (1997): Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kali-Entzug. VDLUFA-Schriftenreihe 46, 723-726.
- Baker, D. E.-Amacher, M. C. (1981): The development and interpretation of a diagnostic soil-testing program. Pennsylvania State University Agricultural Experiment Station. State College, PA. Bulletin 826.
- Buzás I.-Fekete A. (1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM-NAK, Budapest
- Diest, A.-Horakowa, H. van-Houba, V. J. G. (1993): Proceedings 23th Colloquium International Potash Institute Prague: 433-435.
- Egnér, H.-Riehm, H.-Domingo, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LantbrHögsk. Ann 26. 199-215.
- Erp, P. J. van-Houba, V. J. G.-Beusichem, M. L. van (1998): The hundredth molar calcium chloride soil extraction procedure. Part I. A review of soil chemical analytical and plant nutritional aspects., Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29. 11-14. 1603-1623.
- Fardeau, J. C. (1996): Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. Fert. Res. 45: 91-100.
- Fotyma, M.-Gosek, S.-Szewczyk, M. (1996): Preliminary experience with calcium chloride method in Poland. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27, 1387-1401.
- Fotyma, M.-Jadczyzyn, T.-Jozefaciuk, G. (1998): Hundreth Molar Calcium Chloride Extraction Procedure. Part II. Calibration with Conventional Soil Testing Methods for pH. Commun. Soil. Sci Plant Anal. 29. 11-14. 1625-1632.
- Houba, V. J. G. (1998): Final report, Project Cipact 94-021, Wageningen Agricultural University
- Houba, V. J. G.-Novozamsky, L.-Lexmond, T. M.-Van der Lee, J. J. (1990): Applicability of 0,01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21. 2281-2290.
- Houba, V. J. G.-Jászberényi, I.-Loch, J. (1991): Application of 0,01 M CaCl₂ as a single extraction solution for evaluation of the nutritional status of Hungarian soils. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei, XXX. 85-89.
- Jászberényi, I.-Loch, J.-Sarkadi, J. (1994): Experiences with 0,01 M calcium chloride as an extraction reagent for use as a soil testing procedure in Hungary. International Symposium on Soil Testing and Plant Analysis, Olympia, USA. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 25. (9-10) 1771-1777.
- Jászberényi, I.-Kovács, B.-Loch, J. (1999): Experiences with the modified Baker-Amacher soil extraction procedure in Hungary. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 31. (11-14) 2125-2134.

- Lakanen, E. (1962): On the analysis of soluble trace elements. Helsinki Ann. Agric. Fenn. 2. 109-117.
- Loch J. (2006): Tápanyagvizsgáló módszerek értékelése. In: A tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgáló módszerek alkalmazása a Nyírség homoktalajain. Szerk. Loch J.-Lazányi J., Nyíregyháza. 51-77.
- Loch, J.-Jászberényi, I. (1997): The 0.01 M CaCl₂ solution as a multielement soil extractant - application and experiences in Hungary. In: Land use and Soil Management (Ed.: Filep Gy.), Rexpo Ltd Debrecen, Hungary, 175-184.
- Loch J.-Kiss Sz.-Vágó I. (2005): A talajok 0.01 M CaCl₂-ban oldható tápelem frakciónak szerepe és jelentősége. In: Lazányi J. (ed.): Fenntartható homoki gazdálkodás megalapozása a Nyírségben. Westsik Vilmos Nyírségi Talajfejlesztési Alapítvány. Nyíregyháza, 137-156.
- Németh, K. (1972): Bodenuntersuchung mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF) mit mehrfach variierter Spannung. Landw. Forsch. Sonderh 27/II, 184.
- Novozamsky, I.-Houba, V. J. G. (1987): Critical evaluation of soil testing methods for K, IN: Proceedings 20th Colloquium International Potash Institute, Bern, Switzerland, 177-197.
- Pauw, F. van der-Sissingh, H. A.-Ris, J. (1971): Een verbeterde methode van fosfaat-extractie van grond met water: het PW-getal. Verslagen landbouwk. Onderz., Wageningen 749. 1-64.
- Sarkadi J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 179.
- Schachtschabel, P. (1954): Das pflanzenverfügbare Magnesium des Bodens und seine Betsimmung. Z. Pfl. Enähr. Düng. Bodenk 67, 9.
- Sigmond E. (1901): Adatok a talaj asszimilálható foszforsavtartalmának meghatározásához. Magyar Chemiai Folyóirat, 7. 4-7.