

## Tartamtrágyázás hatása a talaj 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-ban oldható tápelem-tartalmára réti talajon

Bertáné Szabó Emese

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma  
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar  
Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen  
szaboemese@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataim során megmértem egy hajdúböszörményi trágyázási tartamkísérletből származó talajminták 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-dal oldható és kicserélhető NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, N<sub>org</sub>, P és K mennyiségét. A talaj tápanyagtartalma, a 2009. évi agronómiai tápanyagmérleg és a trágyázás összefüggéseit vizsgáltam.

Eredményeim a következőkben foglalhatók össze:

- Az NPK trágyázás szignifikánsan növelte a CaCl<sub>2</sub> által kivont NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N és K mennyiségét.
- A N<sub>org</sub> frakció megnőtt a nagyobb termékek hatására. Ezt azzal magyarázhatjuk, hogy nagyobb termékek esetén több gyökér és szármagradvány kerül a talajba, amely lebomlásával nő a könnyen oldható és oxidálható szerves nitrogén (N<sub>org</sub>) mennyisége.
- A CaCl<sub>2</sub>-P és -K értékeit összevettem a kritikus CaCl<sub>2</sub>-P és -K határértékekkel. Eszerint a kísérlet talaja jó foszfor és gyengébb káliumszolgáltató képességgel rendelkezik. A CaCl<sub>2</sub>-dal kapott eredmények és a talajok MÉM-NAK szerint meghatározott tápanyag-ellátottsága összhangban vannak egymással.
- Megállapítható, hogy a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> kivonószert az ásványi nitrogénformák mellett alkalmas a talaj tenyésztési időszak folyamán mobilizálható nitrogénkészletének jellemzésére. Az AL (ammónium-laktát-ecetsav) jól jellemzi a talaj foszfor és kálium-tartalékait, de emellett nem hanyagolható el a környezetvédelmi és növényétáplálási szempontból fontos könnyen oldható és kicserélhető K-, és P-tartalom mérése sem, amelyre a 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-os módszert ajánlom.

**Kulcsszavak:** 0,01 M CaCl<sub>2</sub>, tartamtrágyázás, típusos réti talaj

### SUMMARY

During my research, I studied the 0.01 M CaCl<sub>2</sub> extractable NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, N<sub>org</sub>, P and K contents of the soil samples originated from a long term fertilisation trial in the experimental site Hajdúböszörmény. Relationships among the soil nutrient contents, the agronomic nutrient balances of the 2009 year, and fertilization were studied.

From the results of the study it was concluded as follows:

- Fertilization significantly increased the CaCl<sub>2</sub> extractable NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, and K contents of soil.
- N<sub>org</sub> fraction increased as a function of the increasing yield. Hence, it can be assumed that the greater the produced yield, the more the stubble and root residues remain on the arable land. These organic residues can result significant increase in the N<sub>org</sub> content of soils.
- The CaCl<sub>2</sub> extractable P and K contents were compared with the calculated P and K limit values. According to these, the experimental soil has a good phosphorus and lower potassium supply capacity. These results are in accordance with the results of the conventional Hungarian fertilization recommendation system.
- It can be stated that the 0.01 M CaCl<sub>2</sub> is able to determine not just inorganic N forms but N<sub>org</sub> fraction as well that characterize the easily mineralizable nitrogen reserves. The results proved that AL-P and -K (ammonium lactate acetic acid, traditional Hungarian extractant) are in good agreement with the P and K reserves, but it is important from the aspect of environmental protection and plant nutrition to measure the easily soluble and exchangeable K-, and P-contents of soil. 0.01 M CaCl<sub>2</sub> method is recommended for this.

**Keywords:** 0.01 M CaCl<sub>2</sub>, long-term fertilization, meadow soil

### BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Napjainkban egyre fontosabbá válik a megfelelő mennyiségű és minőségű termés elérése mellett, a fenntartható és környezetkímélő gazdálkodás feltételeinek megteremtése. A fenntarthatóság feltétele a talajok termékenységének megóvása, a környezet minimális terhelésével. A környezeti károk elkerülhetőek a termőhelyek adottságaihoz alkalmazkodó termőhely-specifikus tápanyagellátással, ami azonban elképzelhetetlen a talaj tápelem-tartalmának megismerése nélkül. A talaj növények számára hozzáférhető tápelem-tartalmának jellemzésére a gyakorlatban kémiai módszereket használunk. A különböző kivonószerek más-más mértékben oldják a talaj tápelem-készletét. Ma már nem cél az összes tápelem-tartalom meghatározása, hiszen az nem feltétlenül áll összefüggésben a talaj tápanyag-szolgáltató képességével. Ezért indokolt a híg, a talaj só-koncentrációjához közel álló sóoldatokkal való extrakció.

A hazai szaktanácsadási gyakorlat is használ ilyen kivonószert. Magyarországon a növények számára közvetlenül hozzáférhető, oldható/kicserélhető NO<sub>3</sub><sup>-</sup> és NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ionok mennyiségét 1 M KCl talajkivonatban határozzák meg (MSZ-08-0453:1980) egyes kultúrák esetében, valamint a környezetvédelmileg fontos nitrát-lemosódás vizsgálata is ezzel a kivonószertel történik. A Mg-tartalmat is 1 M KCl-ban határozzuk meg. Sajnos a

nitrogénszükséglet meghatározása a legtöbb szántóföldi és kertészeti kultúra esetében a humusztartalom alapján történik a hazai szaktanácsadási gyakorlatban. Tartamkísérletek adatai is igazolták, hogy a talaj humusztartalma évtizedes tartamtrágyázás hatására sem változik (Zsigrai és Szabó, 2008). Ezért is indokolt a talaj ásványi nitrogéntartalmát alapul venni a nitrogénműtrágya adagok meghatározásakor.

Houba et al. (1990) a makro- és mikrotápelemek meghatározására univerzális kivonószerként a 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -t javasolták. A DATE Mezőgazdasági Kémiai Tanszékén Loch és munkatársai nemzetközi együttműködésben (Baier és Baierova, 1997; Houba, 1998; Fotyma et al., 1996; Loch, 2006) foglalkoztak a módszer továbbfejlesztésével és javasolták bevezetését a szabványosított, hagyományos vizsgálati eljárások kiegészítésére.

A módszer előnyei Houba et al. (1991) szerint: a semleges híg sóoldat enyhe oldó és ionkicserélő hatása; a kivonószert Ca-koncentrációja közel áll a talajoldat töménységéhez; a kivonat jól szűrhető; benne több tápelem (N, P, K, és egyes mikroelemek) jól mérhető; a szerves ionokon kívül, a könnyen oldható és oxidálható szerves N-frakció is meghatározható a kivonatban.

A könnyen oldható és oxidálható szerves N-frakciónak különösen nagy a jelentősége, ha figyelembe vesszük, hogy az ásványi nitrogénformák mennyisége változik a tenyészidő során, és a növény nitrogénellátását a műtrágyával kijuttatott nitrogén mellett részben a tenyészidőszak folyamán mobilizálódó nitrogén fedezi.

A könnyen oldható és oxidálható szerves nitrogénfrakció meghatározására alkalmas a Németh (1972) által kidolgozott EUF módszer is, melyet már régóta használnak hazánkban a cukorrépa trágyázási szaktanácsadásában. A módszer költséges berendezést igényel és nem alkalmas sorozatvizsgálatokra, ezért nem terjedt el az összes szántóföldi és kertészeti kultúra esetében. Az EUF és a 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -ban oldható szerves frakció között több kutató szoros szignifikáns kapcsolatot állapított meg (Appel és Steffens, 1988; Appel és Mengel, 1990, 1993; Houba et al., 1986; Kulcsár et al., 1997).

A talaj könnyen oldható és oxidálható szerves nitrogénfrakciójának jelentőségét itthon is több tartamkísérletben igazolták: Jászberényi et al. (1994), Lazányi et al. (2002), Nagy és Jászberényi (2002), Nagy et al. (2002), Loch et al. (2005). A vizsgálatokban a  $\text{N}_{\text{org}}$  frakció a 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -ban mért összes nitrogénnek akár 45–65%-át is elérte.

A P, K meghatározása hagyományosan azonos kivonószerekkel történik. A hazánkban szabványosított ammónium-laktát – ecetsav (AL) közepesen erélyes, 3,7-es pH-jú puffer oldat, mely korábbi vizsgálataink alapján a P- és K-tartalékok egy részét is oldja (Bertáné et al., 2009 a,b).

Buzás (1987) matematikailag levezette, de logikailag is könnyen belátható, hogy a talajok foszfor-, kálium-szolgáltatása és a kivont tápelem-tartalom csak olyan kivonószerek esetében hasonlítható össze, amelyek által kivont tápelem-mennyiségről még feltételezhető, hogy arányos a növény számára a talajoldatban, felvehető formában lévő tápelem mennyiségével. Mivel ez utóbbi hektáronként csak néhány tíz vagy száz kilogramm, az AL-módszerrel pedig például a szántott rétegre is több száz kg nagyságrendű a P, K mennyisége hektáronként, az AL-módszerrel valójában inkább a foszfor- és káliumtartalékokat jellemezzük, így a talaj tápelem-szolgáltatása azonos AL-értékek esetén is nagyon különböző lehet.

A 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  kivonószerekben egyetlen szűrletben vizsgálhatjuk a makroelemeket, ami hatékonyabb és olcsóbb. Emellett több tartamkísérletben is igazolták, hogy a 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -oldható tápelem-frakciók szignifikánsan változnak a tartamtrágyázás hatására, valamint összhangban vannak az agronómiai tápelem-mérleggel (Jászberényi et al., 1994; Nagy, 2003; Lazányi és Loch, 2006; Berényi et al., 2009; Bertáné et al., 2010).

Jászberényi és Loch (2001), és Jászberényi et al., (1999) több talajon vizsgálták a terméstöbblet és a  $\text{CaCl}_2$ -P, -K értékei közötti összefüggéseket. A kapott eredmények alapján meghatározták a maximális termés 90%-ához tartozó kritikus  $\text{CaCl}_2$ -P és -K értékeket a kötöttség és pH függvényében.

Vizsgálataim célja a 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  kivonószerekben mért tápelemek mennyisége és a tartamtrágyázás közötti összefüggések feltárása egy típusos réti talajon beállított tartamkísérletben.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az általam vizsgált talajok a dr. Sárvári Mihály által beállított hajdúböszörményi NPK trágyázási és töszámsűrítési tartamkísérletből, kukorica monokultúrából származnak. A kísérlet talaja típusos réti talaj. A műtrágyakezelések az 1. táblázatban láthatóak.

A talaj 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -ban (Houba et al., 1990) mért pH-ja 6,3. Átlagos csapadékú években az altalajvíz szintje 2,0–2,5 méter körüli mélységben van. A talaj humusztartalma 4,2%, Arany féle kötöttsége 52. A talajminta-vételezés 2010 tavaszán történt, a műtrágyázást és a vetést megelőzően.

Méréseimet a DE-MÉK Agrokémiai és Talajtani Tanszékén végeztem. A talajminták tápelem-tartalmát 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -os (Houba et al., 1990) és ammónium-laktát-ecetsavas (AL) (Egnér et al., 1960) kivonószerekben vizsgáltam. A talajminták 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -os nitrogén frakcióit ( $\text{NO}_3^-$ -N+ $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{N}_{\text{össz}}$ ) és foszfortartalmát SKALAR folyamatos elemző készülékkel határoztam meg.

Az AL-P mennyiségét spektrofotométerrel (Metertek SP 850), az AL-K és 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -K mennyiségét a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionok oxálsavas lecsapása után láng-emissziós spektrofotométerrel (UNICAM SP95B) mértem. A 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -os  $\text{N}_{\text{össz}}$  frakció az ásványi nitrogénformák mellett ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) tartalmazza a könnyen oldható és

oxidálható szerves nitrogénfrakciót is. Az  $N_{org}$  frakciót az  $N_{össz}$  és az ásványi nitrogénformák különbségéből származtatjuk.

Az egyszerűsített tápelem-mérlegeket a tápelem kiadási- (betakarított termés átlagos tápelem-tartalma) és bevételi oldal (műtrágyával bevitt tápelem) különbségéből számítottam Kádár (1997) szerint.

A statisztikai vizsgálatokhoz az SPSS.13 programot használtam. Az adatokat lineáris regresszió számítással és varianciaanalízissel értékeltem. Ha a varianciaanalízis szignifikáns különbséget igazolt, a csoportok közötti különbségeket Duncan post hoc teszttel vizsgáltam. Az eredmények értékelésekor a szignifikáns különbségeket a táblázatban betűkkel jelöltem.

1. táblázat

A tartamkísérletben alkalmazott műtrágyakezelések (kg/ha)

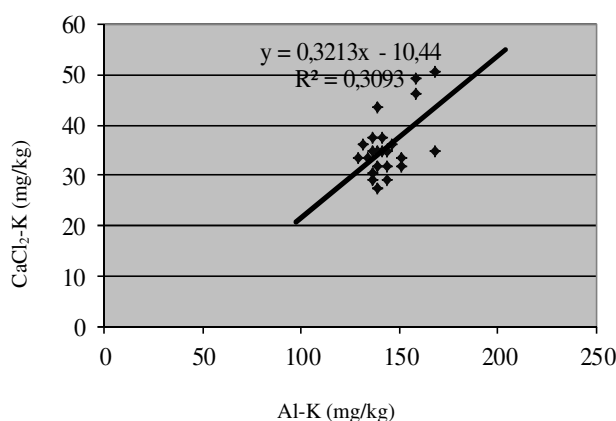
Kezelések(1)	N	P	K
Kontroll(2)	0	0	0
1	40	10,9	24,9
2	80	21,8	49,8
3	120	32,7	74,7
4	160	43,6	99,6
5	200	54,5	124,5

Table 1: Applied fertilizer treatments in a long-term experiment (kg ha<sup>-1</sup>)  
Treatments(1), Control(2)

## EREDMÉNYEK

### Az AL és a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> kivonatban meghatározott P, K-tartalom kapcsolata

A hajdúböszörményi tartamkísérlet talajain az AL és a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> K-tartalma közötti korrelációt az 1. ábra mutatja. A két kivonószerben mért K-tartalom közötti összefüggés közepesen szoros. A korrelációs koefficiens lineáris illesztéssel:  $r=0,56$ . Korábbi vizsgálataim során a karcagi tartamkísérletben, középkötött, illites talajon ennél szorosabb összefüggést ( $r=0,95$ ) találtam a kivonószerekben mért tápelem-tartalom között (Berta-Szabó et al., 2010). A közepes összefüggés oka az lehet, hogy a kísérlet talaja kötött, és emellett az uralkodó agyagásványa a szemkötött, így bár nagy káliumtartalékokkal rendelkezik, nagy mennyiségű káliumot is köt meg irreverzibilisen. A fixált kálium a növények számára nem hozzáférhető, és a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> sem tudja jelentős mértékben mobilizálni. Az AL ezzel szemben a tartalékok egy részét is oldja. Az AL átlagosan négyszer annyi káliumot von ki a tartamkísérlet talajain, mint a 0,01 M CaCl<sub>2</sub>.

 1. ábra: A CaCl<sub>2</sub>-K és AL-K értékek közti regressziós analízis eredménye (n=24)

 Figure 1: Regression between the potassium contents determined in AL and CaCl<sub>2</sub> (n=24)

A talaj AL és 0,01 M CaCl<sub>2</sub> kivonatban meghatározott foszfortartalma között nem volt szignifikáns összefüggés a vizsgált talajon ( $r=0,25$ ). Az AL-P átlagosan 50-szerese a CaCl<sub>2</sub>-P-nak a vizsgált réti talajon. Ez az arány megegyezik az általam korábban változatos mintaanyagon meghatározottal. A korábbi vizsgálatok is igazolták, hogy a CaCl<sub>2</sub>-P értéke szignifikánsan kisebb kötött talajokon, ami azzal függ össze, hogy a nagyobb

kolloidtartalmú, savanyú talajokon megnő a foszfát ionok specifikus adszorpciójának esélye (Bertáné et al., 2009b).

### A kezelések hatása a 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-ban meghatározott tápelemek mennyiségére

A nitrogéntrágyázás hatása a 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-ban oldható nitrogénfrakciókra a 2. táblázatban látható. A kezelések közti különbségek vizsgálatára egytényezős varianciaanalízist végeztem. Az ábrán azonos betűvel jelölt kezelések értéke nem különbözik szignifikánsan (P=5%). A kezelések közül csak a legnagyobb nitrogénadagnak (200 kg/ha) volt szignifikáns hatása az ásványi nitrogénformák és az N<sub>össz</sub> mennyiségére. A táblázatban az egyszerűsített agronómiai mérleg is szerepel kezelésként. Jól látható, hogy minden kezelésben negatív a mérleg, ami a nagy termőképességű hibrideknek és a talaj jó nitrogénszolgáltató képességének köszönhető. Ezért a többéves nitrogéntrágyázás nem gazdagította a talaj nitrát-N és ammónium-N készletét számottevően, mindössze a legnagyobb kezelésben nőtt meg az ásványi nitrogénformák mennyisége.

A N<sub>org</sub> frakcióra nem volt hatással az ásványi nitrogéntrágyázás. Korábbi kísérletek eredményei azt bizonyították, hogy a N<sub>org</sub> mennyiségét az előző évi termés befolyásolja (Bertáné et al., 2010). Ennek az a magyarázata, hogy nagyobb termés esetén több szerves anyag marad a talajban (gyökér és szármaradványok), és ezek bomlása során könnyen mobilizálódó nitrogénforrásként különböző aminosavak, peptidok képződnek. A vizsgált tartamkísérlet talajain a 2. ábrán látható összefüggést kaptam a termés és a N<sub>org</sub> mennyisége között, az 1-5. műtrágyakezelésekben. A N<sub>org</sub> mennyisége és a kukorica termése között szignifikáns (r=0,59) a kapcsolat, ami igazolja, hogy a N<sub>org</sub> frakció a könnyen mobilizálódó nitrogénkészleteket jellemzi.

2. táblázat

A trágyázás hatása a CaCl<sub>2</sub>-ban oldható nitrogénformák mennyiségére (n=24)

Kezelések(1)	Termés (t/ha)(2)	N mérleg (kg/ha)(3)	(mg/kg)							
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	SzD*(4)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	SzD*(4)	N <sub>org</sub> (5)	SzD*(4)	N <sub>össz</sub> (6)	SzD*(4)
Kontroll(7)	5,1	-120	3,31	a	0,99	a	6,46	a	10,76	a
1	9,4	-206	3,86	a	2,03	a	6,14	a	12,04	a
2	9,9	-172	3,93	a	1,47	a	5,97	a	11,37	a
3	10,1	-133	4,18	a	2,00	a	6,29	a	12,47	a
4	9,9	-84	4,01	a	1,20	a	6,05	a	11,25	a
5	10,1	-55	7,06	b	3,66	b	6,89	a	17,60	b
Átlag(8)		-128	4,39		1,89		6,30		12,58	

\*Az azonos számmal jelzett kezelések értékei P=5%-os valószínűségen nem különböznek egymástól.

Table 2: The effect of the treatments on the CaCl<sub>2</sub> extractable N forms (n=24)

Treatments(1), Yield(2), N-balance(3), Significant difference(4), Organic N(5), Total N (mineral+organic N) (6), Control(7), Mean(8),

\*Means designated by the same letter were not significantly different at the P=5% level

2. ábra: A termés (2009) és az N<sub>org</sub> mennyisége közötti összefüggés az 1-5. műtrágyakezelésekben (n=20)

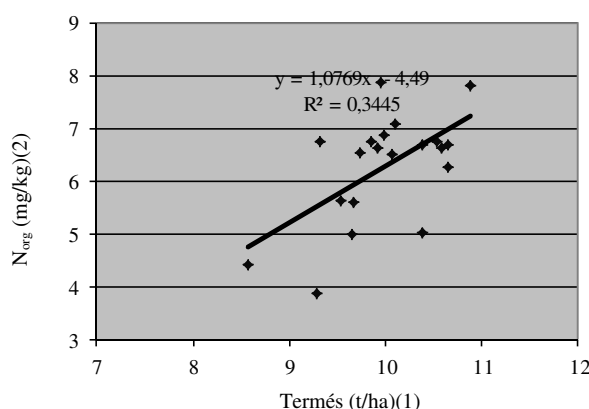


Figure 2: Regression between the yield and N<sub>org</sub> (n=20)

Yield(1), Organic N(2)

A trágyázás hatását a CaCl<sub>2</sub>-P és AL-P értékeire, valamint a kezelések egyszerűsített agronómiai mérlegét a 3. táblázatban szemléltettem. A tartamtrágyázás nem volt szignifikáns hatással a kezelések átlagos CaCl<sub>2</sub>-P

értékeire; az AL-P értékek között is csak a legnagyobb kezelésben volt szignifikáns hatás kimutatható. A foszformérlegek minden kezelésben negatívak, aminek elsődleges oka a nagy termés és a talaj jó foszfor szolgáltató képessége.

A vizsgált hajdúböszörményi tartamkísérlet talajmintáinak foszfortartalmát a Jászberényi és Loch (2001) által korábban meghatározott kritikus  $\text{CaCl}_2\text{-P}$  határértékekhez hasonlítottam. Eredményeik szerint az agyag fizikai talajféleségű, 6 és 7 közötti  $\text{CaCl}_2\text{-os pH-jú}$  talajokon a maximális termés 90%-ához tartozó kritikus foszfor határérték: 0,5–1 mg/kg. A  $\text{CaCl}_2\text{-P}$  értéke minden kezelésben elérte vagy meghaladta ezt a tartományt, ami jó foszforellátottságra utal, a talaj foszfortartalma nem volt limitáló tényező a termés szempontjából. Az AL-P értékei a MÉM NAK 1979-es határértékei szerint a két legnagyobb hiányt mutató kezeléseknél közepes, a legnagyobb műtrágya kezelésben pedig, igen jó tápanyag-ellátottsági kategóriákba esnek. Ez azt jelenti, hogy az AL-P összhangban van az agronómiai mérleggel, és jól jelzi a foszfortartalmak mennyiségének változását az évtizedes műtrágyázás hatására.

3. táblázat

**A trágyázás hatása a  $\text{CaCl}_2\text{-}$  és AL-oldható foszforformák mennyiségére (n=24)**

Kezelések(1)	P mérleg (kg/ha)(2)	$\text{CaCl}_2\text{-P}$	SzD*(3)	AL-P	SzD*(3)
		(mg/kg)			
Kontroll(4)	-62	0,71	a	55,3	ab
1	-118	1,68	a	31,5	a
2	-111	0,95	a	35,8	a
3	-101	1,14	a	53,1	ab
4	-87	0,77	a	62,8	ab
5	-82	1,37	a	84,4	b
Átlag(5)	-94	1,10		53,8	

\*Az azonos számmal jelzett kezelések értékei P=5%-os valószínűségen nem különböznek egymástól.

 Table 3: The effect of treatments on the  $\text{CaCl}_2\text{-P}$  and AL-P (n=24)

Treatments(1), P-balance(2), Significant difference(3), Control(4), Mean(5), \*Means designated by the same letter were not significantly different at the P=5% level.

A  $\text{CaCl}_2\text{-K}$  és AL-K kezeléskénti átlagai, valamint az agronómiai káliummérlegek a 4. táblázatban szerepelnek. A legnagyobb műtrágyadózis hatására mindkét kivonószemben mért káliumtartalom szignifikánsan megnőtt.

A  $\text{CaCl}_2\text{-K}$  értékeit a Jászberényi et al. (1999) által tartamkísérletek adatai alapján meghatározott kritikus kálium határértékekhez viszonyítottam. Az agyag fizikai talajféleségű talajokra az 50–60 mg/kg határértéket javasolták, amelyet egyik kezelésben sem éri el a  $\text{CaCl}_2\text{-K}$  értéke. Az AL kivonószemben meghatározott K tartalom alapján minden kezelés talaja a „gyenge” tápanyag-ellátottsági kategóriába esik.

A kísérleti talajok káliumszolgáltatása mindkét módszer szerint értékelve gyenge, ennek ellenére a mérlegek negatívak, tehát a talaj a tenyészidőszak során 50–150 kg káliumot szolgáltatott hektáronként. A kísérleti talaj nagy káliumtartalommal rendelkezik, a tenyészidőszak során folyamatosan mobilizálódik kálium, azonban a tartalékok felvehetővé válása lassú, a káliumot kötő, szemkötéses talajon, valamint a műtrágyával kijuttatott kálium egy része is lekötődik. Ezekben a talajokon nem hanyagolható el a káliumtrágyázás, amit a talajvizsgálati eredmények is igazolnak.

4. táblázat

**A trágyázás hatása a  $\text{CaCl}_2\text{-}$  és AL-oldható káliumformák mennyiségére (n=24)**

Kezelések(1)	K mérleg (kg/ha)(2)	$\text{CaCl}_2\text{-K}$	SzD(3)	AL-K	SzD(3)
		(mg/kg)			
Kontroll(4)	-106	30,8	a	138,6	ab
1	-191	37,3	a	140,4	ab
2	-172	33,3	a	135,0	a
3	-148	35,1	a	142,2	ab
4	-115	32,6	a	149,5	bc
5	-99	45,2	b	156,2	c
Átlag(5)	-139	35,7		143,7	

\*Az azonos számmal jelzett kezelések értékei P=5%-os valószínűségen nem különböznek egymástól.

 Table 4: The effect of treatments on the  $\text{CaCl}_2\text{-K}$  and AL-K (n=24)

Treatments(1), K-balance(2), Significant difference(3), Control(4), Mean(5), \*Means designated by the same letter were not significantly different at the P=5% level.

## KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A Hajdúböszörményi trágyázási tartamkísérlet talajainak 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-dal oldható nitrogénfrakciói, és a trágyázás összefüggései alapján megállapítható, hogy az ásványi nitrogénformák mennyisége csak a legnagyobb, 200 kg/ha-os, kezelésben nőtt szignifikánsan, amit a tenyészidőszakra számított negatív agronómiai nitrogénmérlegekkel magyarázhatunk. Kijelenthetjük, hogy a könnyen oldható és oxidálható szerves nitrogén (N<sub>org</sub>) mennyiségét nem a műtrágyázás befolyásolja, hanem elsősorban a frissen talajba jutó, rövid időn belül elbomló szerves anyagok (tarló- és gyökérmaradványok) mennyiségétől függ.

A talaj foszfor-, és káliumtartalmát a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> mellett AL kivonószerrel is meghatároztam. A két kivonószer által kivont káliumtartalom között közepesen szoros, szignifikáns összefüggést (r=0,56) találtam. Ez gyengébb, mint a korábban, a karcagi tartamkísérlet talajain kapott korreláció. A különbséget a két talaj eltérő agyagásvány-összetételével magyaráztam.

A foszfortrágyázás nem volt szignifikáns hatással a CaCl<sub>2</sub>-P mennyiségére. A műtrágyázástól függetlenül az összes kezelésben magasabb volt a CaCl<sub>2</sub>-P értéke, mint a kritikus foszforhatárértékek, ami azt mutatja, hogy a talaj foszforfogyasztása jó. Ezt a negatív foszformérleg is bizonyítja. Az AL-P azonban a mérleggel arányosan alakult. Kijelenthetjük, hogy az AL-P a foszfortartalmakban, a többéves trágyázás hatására kialakuló változásokat jelzi.

A talaj káliumtartalmát, mindkét módszer szerint, csak a legnagyobb műtrágyaadag növelte szignifikánsan. A CaCl<sub>2</sub>-dallal oldható és kicserélhető káliumtartalom minden kezelésben alacsonyabb volt a kritikus kálium határértékeknél. Az AL-K tartalom alapján a talajok a gyenge tápanyag-ellátottsági kategóriába estek. A két módszer szerint kapott eredmények összhangban vannak a talajtulajdonságok alapján vártakkal.

Megállapítható, hogy a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> kivonószer az ásványi nitrogénformák meghatározása mellett alkalmas a talaj tenyészidőszak folyamán mobilizálódó nitrogénkészletének jellemzésére. A 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-K és -P frakciók jelentősége a környezeti, és növény táplálási szempontból fontos könnyen hozzáférhető, aktuális K-, és P-tartalom mérésében van.

## IRODALOM

- Appel, T.–Mengel, K. (1990): Importance of organic nitrogen fractions in sandy soils, obtained by electro-ultrafiltration or CaCl<sub>2</sub> extraction, for nitrogen mineralization and nitrogen uptake of rape. *Biology and Fertility of Soils*. 10: 97–101.
- Appel, T.–Mengel, K. (1993): Nitrogen fractions in sandy soils in relation to plant nitrogen uptake and organic matter incorporation. *Soil Biology & Biochemistry*. 25.:685–691.
- Appel, T.–Steffens, D. (1988): Vergleich von Electro-Ultrafiltration (EUF) und Extraktion mit 0.01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden. *Z Pflanzenernaer Bodenkd*. 151: 127–130.
- Baier, J.–Baierova, V. (1997): Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Kali-Entzug. *VDLUFA-Schriftenreihe*. 46: 723–726.
- Berényi S.–Bertáné Szabó E.–Péppő P.–Loch J. (2009): A trágyázás és öntözés tartamhatása a 0,01 mol kalcium-kloridban oldható N-frakciókra alföldi mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 58. 2: 251–264.
- Berta-Szabó, E.–Zsigrai, Gy.–Szabó, A.–Loch, J. (2010): Effects of long-term K fertilization and liming on the extractable and exchangeable K contents of a Haplic Phaeosem soil. *Natural resources and sustainable development 8<sup>th</sup> international scientific symposium on "Adaptation to climate change"*. Debrecen. *Journal of Agricultural Sciences*. Supplement. 141–145.
- Bertáné Szabó, E.–Loch, J.–Zsigrai, Gy.–Blaskó, L. (2010): Effects of long-term fertilization on the yield of winter wheat and N forms on Luvic Phaeosem soil determined in 0.01 mol CaCl<sub>2</sub>. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 1: 135–144.
- Bertáné Szabó E.–Berényi S.–Loch J. (2009a): A 0,01 M CaCl<sub>2</sub>, a Baker–Amacher és az ammónium-laktát-ecetsav (AL) kivonószerekben oldható K-tartalom összehasonlítása. *Agrokémia és Talajtan*. 58. 1: 45–56.
- Bertáné Szabó E.–Berényi S.–Loch J. (2009b): A 0,01 M CaCl<sub>2</sub> és AL kivonószerekben mért foszfortartalom összehasonlítása változatos talajtulajdonságú mintabázison. *Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia*. Kecskemét. 870–875.
- Buzás I. (1987): Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 288.
- Egnér, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *K. Lantbr. Högsk.* 26: 199–215.
- Fotyma, M.–Gosek, S.–Szewczyk, M. (1996): Preliminary experience with calcium chloride method in Poland. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27: 1387–1401.
- Houba, V. J. G. (1998): Final report. Project Cipact 94–021. Wageningen Agricultural University. Wageningen.
- Houba, V. J. G.–Jászberényi, I.–Loch, J. (1991): Application of 0,01 M CaCl<sub>2</sub> as a single extraction solution for evaluation of the nutritional status of Hungarian soils. *Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei*. 30: 85–89.
- Houba, V. J. G.–Novozamsky, I.–Huijbregts, A. W. M.– van der Lee, J. J. (1986): Comparison of soil extractions by 0,01 M CaCl<sub>2</sub>, by EUF and by some conventional extraction procedures. *Plant Soil*. 96: 433–437.
- Houba, V. J. G.–Novozamsky, L.–Lexmond, T. M.–van der Lee, J. J. (1990): Applicability of 0,01 M CaCl<sub>2</sub> 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.
- Jászberényi I.–Filep T.–Loch J. (1999): A talajok 0,01 M CaCl<sub>2</sub> oldható és kicserélhető K-tartalma és a K ellátottsági határértékek. *DATE Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok*. Agrokémiai és Talajtani Szekció. Debrecen. 109–117.

- Jászberényi, I.–Loch, J. (2001): Preliminary Critical P-limit Values of 0.01 M CaCl<sub>2</sub> Soil Test Procedure. *Acta Agraria Debreceniensis*. 1. 18–21.
- 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. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 25: 1771–1777.
- Kádár I. (1997): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Budapest. 60–63.
- Kulcsár, L.–Debreczeni, K.–Jászberényi, I.–Loch, J. (1997): Investigation of the soil N-fractions in special consideration of the N-fertilizer recommendation for sugar beet. [In: Van Cleemput, O. et al. (eds.) Fertilization for sustainable plant production and soil fertility.] Proceedings of the 11<sup>th</sup> Int. World Fertilizer Congress. 7–13. September 1997. Gent, Belgium.
- Lazányi, J.–Loch, J.–Jászberényi, I. (2002): Analysis of 0.01 M CaCl<sub>2</sub> Soluble Organic Nitrogen in the Treatments of Westsik's Crop Rotation Experiment. *Hungarian Contributions to the 17<sup>th</sup> International Congress of soil Science*. *Agrokémia és Talajtan*. 51. 1–2: 79–88.
- Lazányi, J.–Loch, J. (2006): Evaluation of 0.01 M CaCl<sub>2</sub> Extractable Nitrogen Forms in a Long-term Experiment. *Agrokémia és Talajtan*. 55. 1: 135–144.
- Loch J. (2006): Tápanyagvizsgáló módszerek értékelése. A tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgáló módszerek alkalmazása a Nyírség homoktalajain. *Nyíregyháza*. 51–77.
- Loch J.–Kiss Sz.–Vágó I. (2005): A talajok 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-ban oldható tápelem frakciónak szerepe és jelentősége. [In: Lazányi J. (szerk.) Fenntartható homoki gazdálkodás megalapozása a Nyírségben.] Westsik Vilmos Nyírségi talajfejlesztési Alapítvány. Nyíregyháza. 137–156.
- Nagy P. T. (2003): A trágyázás hatása a 0,01 M kalcium-kloridban oldható nitrogén-formák mennyiségének változására. *Agrártudományi Közlemények*. 19: 166–170.
- Nagy P. T.–Jászberényi I. (2002): A talaj N-szolgáltató képességének vizsgálata a Westsik vetésforgó kísérletben talajérleléses módszerekkel. [In: Györi Z.–Jávora A. (szerk.) Az agrokémia időszerű kérdései.] Debrecen. DE ATC. 193–203.
- Nagy P. T.–Jászberényi I.–Loch J. (2002): A trágyázás hatása a 0,01 M kalcium-kloridban oldható nitrogén-formák mennyiségére a Nyírlugosi tartamkísérletben. [In: Láng I. et al. (szerk.) Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés.] Debrecen. DE ATC. 143–148.
- Németh, K. (1972): Bodenuntersuchung mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF) mit mehrfach variierter Spannung. *Landw. Forsch. Sonderh.* 27. 2: 184–196.
- Zsigrai Gy.–Szabó S. (2008): Talajra gyakorolt műtrágyahatások vizsgálatának legújabb eredményei a karcagi OMTK kísérletekben. *Talajvédelem különszám*. 561–566.