

A termőhely és a K-trágyázás hatása a talajok és a kukoricanövény kálium-ellátottságára

CSATHÓ PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Bevezetés

A kálium – a hetedik leggyakrabban előforduló elem a földkéregben – létfontosságú mind az állatok, mind a növények növekedése szempontjából. Növényi makrotápelemként az enzimekre szerkezetstabilizáló és aktiváló hatást fejt ki, szerepe van a fotoszintézisben, a légzésben, a fehérjeszintézisben, a szénhidrátok képződésében és a lipidszintézisben (BERINGER & NOTHDURFT, 1985; BLEVINS, 1985; CSATHÓ, 1991, 1997; HUBER, 1985; LIEBHARDT & MURDOCK, 1965; LOCH, 1983; SUELTER, 1985; WEBER, 1985). Ugyancsak ismert, hogy a kálium növeli a növény betegséggel és faggyal szembeni ellenálló képességét (HUBER & ARNY, 1985; KÁDÁR, 1992). A legtöbb talajban viszonylag nagy mennyiségben található kálium, azonban csak viszonylag kis hányada növény által felvehető. A kálium sok ásvány alkotóeleme, és mállás révén nagyon különböző mértékben szabadul fel és található oldható vagy kicserélhető formában. A növény számára a tenyészidőszakban felvehető kálium mennyiségét talajvizsgálati módszerekkel becsüljük (MCLEAN & WATSON, 1985). Mind az AL- (EGNER et al., 1960), mind az NH_4OAc -kivonószer (WANASURIA et al., 1981) oldatba visz kicserélhető és vízdoldható K-frakciókat a talajból. Az AL-módszert a skandináv, balti és közép-európai országokban, valamint Portugáliában, míg a NH_4OAc -módszert nyugat-európai országokban és az USA több államában alkalmazzák a K-műtrágyázási szaktanácsadás alapjául szolgáló talaj K-ellátottság becslésére. Megkülönböztetett figyelem kíséri az ún. multielemes módszerek, mint pl. a $0,01\text{ M CaCl}_2$ módszer alkalmazására tett erőfeszítéseket (BAIER & BAIEROVA, 1998; JÁSZBERÉNYI et al., 1999). A talaj „könnyen oldható” elemtartalmának becslésére szolgáló talajvizsgálati módszerek, valamint diagnosztikai célú növényelemzési adatok csak szabadföldi kísérletekben való kalibrálás után használhatók a trágyázási szaktanácsadásban. Hazánkban a kukorica és őszi búza a két legfontosabb növény, amelyet együttesen a szántóföldi

terület több mint 50 %-án természetnek. A hazai szabadföldi kísérletekben igazolható volt a kukorica K-igényes volta (CSATHÓ, 1997; DEBRECEZNI & DEBRECZENINÉ, 1994; KÁDÁR, 1992; KADLICKÓ et al., 1998; LÁSZTITY, 1989). Jelen közleményben a talaj könnyen oldható káliumtartalma, a virágzaskori kukoricalevél K-tartalma és tömege közötti összefüggéseket értékeljük az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kilenc kísérleti helyéről származó minták alapján.

Anyag és módszer

Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérleteket (OMTK) 26 különböző, a fő agroökológiai körzeteket reprezentáló kísérleti helyen állították be, azonban anyagi támogatás hiányában csak 9 helyen folynak jelenleg. Az OMTK kísérletek tervezését és továbbfejlesztését a Láng Géza (elnök), Bocz Ernő, Debreczeni Béla, Sarkadi János, Sváb János és Wellish Péter (tagok) alkotta bizottság végezte. A jelen dolgozatban ismertetett talaj- és növénymintavételek időpontjában az OMTK koordinációs központ vezetője Debreczeni Katalin (Pannon Agrártudományi Egyetem, Keszthely), az egyes kísérletek vezetéséért felelős kutatók: Keszthely: Kismányoky Tamás, Ragasits István; Mosonmagyaróvár: Késmárky István, Szalka Éva; Iregszemcse: Takács László, Mihalovics Miklós; Bicsérd: Takács László, Ekkert József; Nagyhörcsök: Németh Tamás, Kádár Imre; Kompolt: Holló Sándor; Putnok: Kadlicskó Béla; Hajdúböszörmény: Sárvári Mihály; Karcag: Blaskó Lajos, Zsigrai György voltak. Segítségük nélkül ez a munka nem jöhetett volna létre.

Az A17 típusú kísérleteket 1967 őszén állították be őszi búza–kukorica–kukorica–borsó vetésforgóval. A kísérletekben növekvő N-, P- és K-adagokat, ill. ezek kombinációit juttatják ki. Az eredeti 20 kezelésből (négy ismétléses) három kezelést választottunk ki mindegyik kísérleti helyről: $N_2P_1K_0$, $N_2P_1K_1$, és $N_4P_3K_2$. A N_2 -szint 150, a N_4 250 kg N/ha; a P_1 60, a P_3 180 kg P_2O_5 /ha, a K_0 0, a K_1 200, a K_2 250 kg K_2O /ha adagokat jelentenek kukorica alá. A szemtermésekben a N_2 - és N_4 -szintek között, valamint a P_1 - és P_3 -szintek között nem volt szignifikáns különbség, így K_1 - és K_2 -kezelések közötti összehasonlítást nem hátráltatta az eltérő NP-szint (DEBRECEZNI & DEBRECZENINÉ, 1994).

Az 1. táblázatban ismertetjük a kijuttatott K-mennyiségeket. Nettó parcellánként 20–20 kukorica virágzaskori levélminta, és betakarítás után a szántott rétegből 20–20 pontból vett talajminta képezték az átlagmintákat a különböző K-szintekről 1994-ben, a kísérletek 27. évében (DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994). A talajok K-ellátottságát a hazai szabadföldi K-hatás kísérletekben kapott összefüggések alapján kidolgozott új határértékek szerint állapítottuk meg (CSATHÓ, 1997), melyet kiegészítettük a „túlzott” ellátottsági kategóriával (2. táblázat).

1. táblázat

A kísérletekben kijuttatott K-mennyiségek, kg K₂O/ha

(1) K-szint	(2) Időszak			
	1968–1971	1972–1987	1988–1994	1968–1994
<i>A. A kukorica alá adott K₂O, kg/ha/év</i>				
K ₀	0	0	0	0
K ₁	100	100	200	129
K ₂	200	100	250	154
<i>B. Összes kijuttatott K₂O, kg/ha/időszak*</i>				
K ₀	0	0	0	0
K ₁	330	1600	1100	3030
K ₂	660	1600	1450	3710

* őszi búza–kukorica–kukorica–borsó forgó növényei alá

2. táblázat

Új talaj K-ellátottsági kategóriák az AL-oldható K₂O-tartalmak alapján
K-igényes növényekre (CSATHÓ, 1997 alapján)

(1) A talaj fizikai félesége	(2) K-ellátottsági kategóriák (mg AL-K ₂ O/kg)					
	(3) Igen gyenge	(4) Gyenge	(5) Közepes	(6) Jó	(7) Igen jó	(8) Túlzott
a) homok	< 60	61–90	91–120	121–150	151–180	>180
b) homokos vályog	< 100	101–140	141–170	171–200	201–230	>230
c) vályog	< 120	121–150	151–180	181–210	211–240	>240
d) agyagos vályog	< 130	131–160	161–190	191–220	221–250	>250
e) agyagos talajok	< 140	141–170	171–200	201–230	231–260	>260

A virágzáskori kukoricalevél-mintákat az egyes kísérleti helyeken 1994. július 18. és 22. között vették meg. A virágzás eleji csövel szemközti kukoricalevél K-tartalma alapján számos szerző ad meg növényi K-ellátottsági határértékeket (REUTER & ROBINSON, 1986; JONES et al., 1990 stb.). JONES (1967), valamint ELEK és KÁDÁR (1980) határértékeinek felhasználásával a kísérleti növények K-ellátottságát az alábbiak szerint értékeltük: igen gyenge: < 1,00 %; gyenge: 1,01–1,29 %; közepes: 1,30–1,69 %; jó: 1,70–2,19 %; igen jó: 2,20–2,59 %; túlzott: >2,60 % K. Hasonló kukorica K-ellátottsági optimumokat adnak meg NEUBERT és munkatársai (1969), CORNFORTH és STEELE (1981), valamint ESCANO és munkatársai (1981) is.

Az OMTK kísérletek 9 kísérleti

(1) Talaj- tulajdonság	(2) Kísérleti				
	Nagyhőrcsök (NH)	Iregszemcse (IR)	Bicsérd (BI)	Kompolt (KO)	Karcag (KA)
a) Talajtípus FAO osztályozás szerint	Calcaric Phaeosem	Calcaric Phaeosem	Luvic Phaeosem	Haplic Phaeosem	Luvic Phaeosem
Magyar osz- tályozás szerint	b) mész- lepedékes csernozjom	b) mész- lepedékes csernozjom	c) csernoz- jom barna erdőtálat	c) csernoz- jom barna erdőtálat	d) réti csernozjom
i) Fizikai féleség	j) vályog	j) vályog	j) vályog	k) agyagos vályog	k) agyagos vályog
n) Humusz, %	2,7	2,4	1,9	2,6	2,7
pH (KCl)	7,2	7,4	5,6	3,9	4,7
CaCO ₃ , %	6,0	8,0	-	-	-
o) Hidrolitos acidi- tás, y ₁ , me/100 g	-	-	-	19	24
p) Leiszapolható rész, % (<0,01 mm)	38	37	45	58	59
r) Agyag % (<0,002 mm)	23	22	33	41	37
s) A talajok agyagos részének ásványi összetétele, %					
t) Illit	47	50	45	27	56
u) Kaolinit	-	-	-	20	-
v) Szmektit	16	8	17	37	7
w) Vermikulit	-	-	6	-	3
x) Illit-szmektit	5	10	10	10	11
y) Illit-klorit	3	2	3	6	5
z) Illit-vermikulit	-	-	-	-	1
zs) Összes K %-a az agyagos részben (HF feltárás)	nincs meghatározás	1,6	2,5	2,1	3,1

táblázat

helyének főbb talajtulajdonságai

helyek				(3) Hivatkozás
Putnok (PU)	Keszthely (KE)	Hajdúböszörmény (HB)	Mosonmagyar- óvár (MO)	
Ochric Luvisol	Eutric Cambisol	Luvic Phaeosem	Calcariic Fluvisol	SÁRDI & NÉMETH, 1993
e) agyagbe- mosódásos barna erdőtalaj	f) Ramann- féle barna erdőtalaj	g) réti talaj	h) humuszos karbonátos öntéstalaj	DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994, DENKE, 1974
k) agyagos vályog	l) homokos vályog	m) agyag	j) vályog	SARKADI, 1994
2,0	1,7	3,5	1,7	DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994
3,9	5,9	6,1	7,4	DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994
-	nyomokban	nyomokban	21,0	DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994
16	-	-	-	DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994
49	37	53	22	DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994
28	24	35	12	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
33	59	29	48	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
14	10	-	-	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
27	6	47	16	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
-	-	6	-	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
19	9	5	7	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
-	3	3	-	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
2	-	3	-	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994
1,8	2,1	2,0	2,7	STEFANOVITS & DOMBÓVÁRINÉ, 1994

A kísérleti helyek talajtani jellemzőit a 3. táblázatban közöljük.

Salétromsavas feltárás után a növényi K-tartalmakat plazmaemissziós spektrométeren (ICP) határoztuk meg. Ugyanezen minták tömény $H_2SO_4 + 30\%$ hidrogén-peroxidban (H_2O_2) (THAMM, 1973) történő feltárását követő lángfotometriával meghatározott K-tartalmát korábbi közleményben ismertettem (CSATHÓ, 1998). A talaj aktuális kicserélhető K-tartalmának meghatározására a $0,01\ M$ $CaCl_2$ módszert ($0,01\ M$ $CaCl_2$, pH: 6,2; talaj:kivonószer arány: 1:10; rázatási idő: 2 óra) (HOUBA et al., 1997), a potenciális kicserélhető K-tartalmának meghatározására az AL-módszert ($0,1\ M$ ammónium-laktát + $0,4\ M$ ecetsav, pH: 3,75; talaj:kivonószer arány: 1:20; rázatási idő = 2 óra) (EGNÉR et al., 1960), és NH_4OAc -módszert ($1\ M$ ammónium-acetát, pH: 7,0; talaj:kivonószer arány 1:25; rázatási idő: 1 óra) (WANASURIA et al., 1981) használtuk. Az AL-K-tartalmakat a Ca oxálsavas kicsapását követően lángfotométeren, $0,01\ M$ $CaCl_2$ -K- és a NH_4OAc -K-tartalmakat ICP készüléken határoztuk meg.

A talaj-K és a kukoricalevél tömege, a talaj-K és a kukoricalevél K-tartalma, valamint egyes, a kicserélhető kálium meghatározására alkalmazott módszerek közötti összefüggéseket lineáris és logaritmikus függvényel írtuk le.

Eredmények

A K-műtrágyázás hatása a $0,01\ M$ $CaCl_2$ -, a NH_4OAc - és AL-oldható K-tartalomra szignifikáns volt a K_1 -szinten a K_0 - (K kontroll-) kezeléshez képest. A K_2 -szint hatása csak a meszes talajokon volt bizonyítható a K_1 -szinthez képest (4. táblázat). A K-kontrollkezelésben a talaj aktuális és potenciális kicserélhető K-tartalmai általában jól tükrözik a talaj fizikai féleségében meglévő különbségeket, az egyes talajok K-tartalom értékei között szignifikáns különbségek is adódtak. A hajdúböszörményi iszapos, homokos löszön kialakult csernozjom réti talaj és a mosonmagyaróvári karbonátos humuszos öntéstalaj ugyanakkor ez alól kivételt képez, hiszen a fizikai féleségükhöz képest alacsony a kicserélhető K-tartalmuk. A $0,01\ M$ $CaCl_2$ átlagosan mintegy harmadannyi, a semleges ammónium-acetát mintegy 20 %-kal több káliumot vitt oldatba, mint az ammónium-laktát. Hasonló átlagos arányokról számolnak be közleményeikben JÁSZBERÉNYI és munkatársai (1999), valamint SÁRDI és NÉMETH (1993) is. Meg kell jegyeznünk ugyanakkor, hogy SCHACHSCHABEL és KÖSTER (1978), továbbá JÁSZBERÉNYI és munkatársai (1999) az AL-K- és a $0,01\ M$ $CaCl_2$ -K-tartalmak közötti lineáris összefüggést vizsgálva az agyagtartalomtól függően változó „b” értékeket kaptak: az agyagtartalomnak 8 %-ról 48 %-ra való növekedésével a „b” értéke 0,52-ről 0,29-re csökkent. Az AL-K-tartalmak viszonylag jól követik az OMTK kísérletek előző éveiben meghatározott AL-K értékek trendjeit (DEBRECZENI et al., 1994) (4. táblázat).

4. táblázat
 27 évi K-műtrágyázás hatása a 0,01 M CaCl₂, NH₄OAc- és AL-oldható K-tartalomra
 (9 OMTK kísérleti hely, 1994)

(1) K-szint	(2) Kísérleti helyek*										(3) SzD _s %	(4) Átlag
	NH	IR	BI	KO	KA	PU	KE	HB	MO			
<i>A. CaCl₂-oldható K₂O, mg/kg talaj</i>												
K ₀	21,0	22,5	44,8	48,7	43,6	55,5	27,6	24,9	18,3			34,0
K ₁	59,0	43,4	57,9	125,5	83,3	90,4	63,6	34,3	69,3			68,4
K ₂	91,9	68,8	66,1	139,4	91,0	102,1	66,5	33,9	106,0		12,8	84,3
a) SzD _s %	14,1	11,1	20,8	31,0	26,6	69,5	9,0	11,2	22,4			6,1
b) Átlag	57,3	42,4	56,3	104,5	72,6	86,6	52,6	31,0	64,6		9,2	62,2
<i>B. NH₄OAc-oldható K₂O, mg/kg talaj</i>												
K ₀	123	123	282	226	245	173	149	139	64			171
K ₁	256	185	291	443	364	257	218	183	155		35	263
K ₂	348	250	298	458	387	324	220	179	220			295
a) SzD _s %	36	29	66	72	83	142	43	34	43			15
b) Átlag	242	186	290	376	332	251	196	167	146		25	243
<i>C. AL-oldható K₂O, mg/kg talaj</i>												
K ₀	78	113	158	185	178	161	134	110	53			136
K ₁	193	166	215	353	294	319	197	150	106		34	219
K ₂	268	254	242	348	308	289	217	149	165			250
a) SzD _s %	34	32	56	58	63	148	32	35	30			16
b) Átlag	180	178	205	296	260	256	183	137	108		26	201

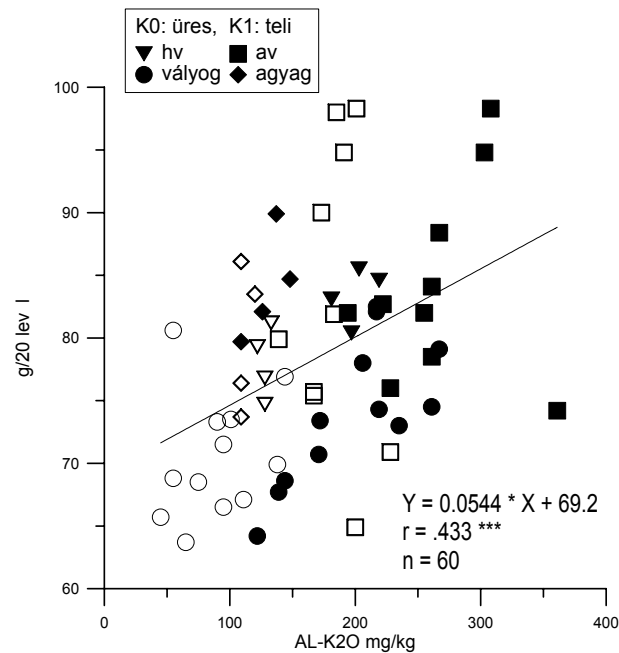
*Kísérleti helyek: lásd 3. táblázat

5. táblázat
27 évi K-műtrágyázás hatása a virágzás kori kukorica leveleinek tömegére és K-tartalmára
(9 OMTK kísérleti hely, 1994)

(1) K-szint	(2) Kísérleti helyek*										(3) SzD _s %	(4) Átlag
	NH	IR	BI	KO	KA	PU	KE	HB	MO			
	<i>A. Virágzás kori kukorica levél tömege, g/20 levél (légszáraz)</i>											
K ₀	68,3	69,4	74,5	98,3	74,2	94,0	79,3	71,0	67,5			76,4
K ₁	74,7	72,1	84,2	98,3	69,4	86,0	82,7	81,3	71,8			80,3
K ₂	69,0	72,3	84,8	87,8	72,9	95,0	86,5	77,8	69,2			79,6
a) SzD _s %	11,3	6,3	10,4	20,6	16,5	9,5	7,4	9,1	14,8			3,7
b) Átlag	70,7	71,3	81,2	94,8	72,1	91,7	82,8	76,7	69,5			78,8
	<i>B. Virágzás kori kukorica levél K-tartalma, % (légszáraz)</i>											
K ₀	0,82	1,13	1,37	2,00	1,75	1,02	0,86	0,85	1,39			1,20
K ₁	1,76	2,15	1,92	2,30	1,61	1,76	2,29	1,72	2,14			1,98
K ₂	1,98	2,26	2,07	2,47	2,21	2,03	2,31	1,85	2,17			2,13
a) SzD _s %	0,33	0,56	0,33	0,60	0,35	0,39	0,33	0,21	0,24			0,11
b) Átlag	1,52	1,85	1,79	2,25	1,85	1,60	1,82	1,47	1,90			1,77

*Kísérleti helyek: lásd 3. táblázat

A kukorica virágzáskori levéltömegére kevésbé hatott a K-trágyázás, mint az agroökológiai körülmények (5. táblázat). A K-mútrágya-adagok hatása a kukoricalevél K-tartalmára azonban sokkal kifejezettebb volt, mint a levéltömegre. A K_2 -szint nagyobb műtrágyaadagjának hatása azonban már nem volt szignifikáns a K_1 -szinthez képest. A kísérleti hely ugyancsak hatással volt a kukoricalevél K-tartalmára (5. táblázat).



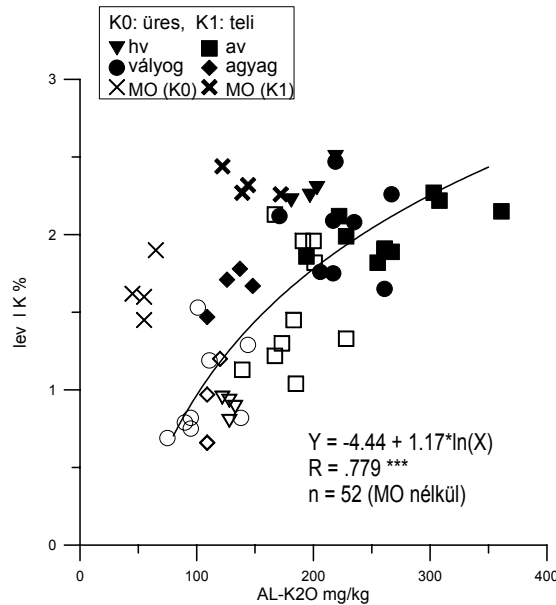
1. ábra

Összefüggés az AL-oldható K és a virágzáskori kukoricalevél tömege (g/20 levél) között (9 OMTK kísérleti hely, 1994)

A kukoricalevél K-tartalma és a levéltömeg között nem találtunk szignifikáns összefüggést. A levél 1,7 %-os K-tartalma felett viszont feltehetően már nem nőtt tovább a levéltömeg.

A levéltömeg a 200 mg/kg AL- K_2O -tartalomig együtt növekedett a talaj-K értékekkel. Gyenge-közepes, statisztikailag szignifikáns lineáris összefüggést mutattunk ki a talaj K-tartalma és a levéltömeg között ($r = 0,43^{**}$) (1. ábra).

Az AL-oldható K_2O - és a levél K-tartalom összefüggésének értékeléséből kihagytuk az extrémén meszes mosonmagyaróvári öntéstalajon vett mintákat. Ily módon erősen szignifikáns logaritmikus összefüggést ($r = 0,78^{***}$) találtunk e két mutató között. A kukorica a megfelelő K-ellátottság alsó értékét (mintegy 1,7 % virágzáskori levél K-tartalom) 180 mg/kg AL-oldható K_2O -tartalom mellett érte el (2.ábra).

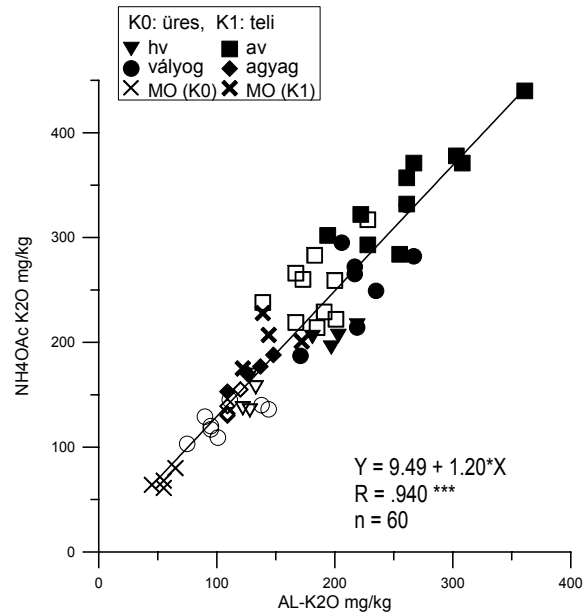


2. ábra

Összefüggés az AL-oldható K és a virágzáskori kukoricalevél K-tartalma (%) között (9 OMTK kísérleti hely, 1994)

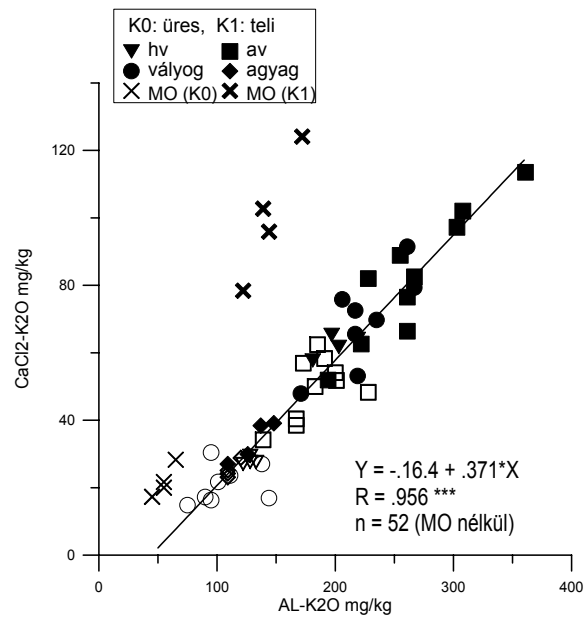
A legerősebb, lineáris összefüggést ($r = 0,94^{***}$ és $0,96^{***}$) az AL-oldható és az NH_4OAc -K-tartalmak, valamint az AL-oldható és a $0,01 \text{ M}$ CaCl_2 -K értékek között találtuk (3–4. ábra). Ez utóbbi összefüggésből szintén kihagytuk a 21 % CaCO_3 -tartalmú mosonmagyaróvári talajt, ahol az aktuális kicserélhető K-tartalmakat jelző $0,01 \text{ M}$ CaCl_2 -módszerrel kiugróan nagy K-mennyiségeket oldottunk ki. (Ezzel a módszerrel a könnyen kicserélhető frakciót visszük oldatba.) Feltételezhető, hogy a talajban rendkívül nagy koncentrációban jelenlevő, a káliumnál sokkal erősebben adszorbeálódó kalcium kiszoríthatja a műtrágyával adott, illetve a mállás során felszabadult káliumot az adszorpciós helyekről, és az a növény számára felvehető maradhat. Ezt látszik igazolni a 2. ábrán megfigyelhető jelenség is, mely szerint ezen a talajon alacsonyabb AL-K-tartalmakhoz a többi kísérleti helyhez képest magasabb növényi K-koncentrációk tartoztak. Feltételezésünk igazolására ugyanakkor további vizsgálatok szükségesek.

AZ OMTK kísérletekből vett talaj- és növénytípusok K-ellátottságának megítéléséhez felhasználtuk az AL-módszernek a hazai szabadföldi kísérletek alapján végzett korábbi kalibrációját (CSATHÓ, 1997), az irodalomban talált kukorica K-ellátottsági határértékeket (ELEK & KÁDÁR, 1980; JONES, 1967), és az OMTK kísérletekben korábban kapott, a kukoricaszemtermés-mennyiség növe-



3. ábra

Összefüggés az AL-oldható és a semleges NH₄OAc-oldható K-tartalmak között



4. ábra

Összefüggés az AL-oldható és a 0,01 M CaCl₂-oldható K-tartalmak között

6. táblázat

A K-trágyázás hatása a kukorica szemtermés mennyiségére a kísérletek előző hat évében, t/ha (DEBRECZENI & DVORACSEK (1994) alapján)

(1) Kísérleti hely	K ₀	K ₁	(2) SzD _{5%}	(3) Relatív termés, %*	(4) Termés- többlet, t/ha**
Nagyhörcsök (NH)	7,51	7,98	0,32	94	0,47
Iregszemcse (IR)	7,08	7,82	0,45	90	0,74
Bicsérd (BI)	8,38	9,11	0,41	92	0,73
Kompolt (KO)	4,90	5,05	0,27	97	0,15
Karcag (KA)	8,40	8,03	0,78	105	-0,37
Putnok (PU)	6,06	6,04	0,28	100	-0,02
Keszthely (KE)	6,07	7,33	0,46	83	1,26
Hajdúböszörmény (HB)	9,40	10,96	0,77	86	1,56
Mosonmagyaróvár (MO)	7,41	7,68	0,32	97	0,27
a) Átlag	7,24	7,78	0,16	93	0,54

* Relatív termés (100K₀/K₁); ** Terméstöbblet: K₁-K₀

7. táblázat

K-ellátottsági kategóriák összehasonlítása az AL-oldható K₂O, a kukoricalevél K-tartalma, valamint a K-trágyázásnak a kukorica szemtermés mennyiség növelésében megnyilvánuló hatása alapján az OMTK kilenc kísérleti helyén

(1) K- szint	(2) Kísérleti helyek								
	NH	IR	BI	KO	KA	PU	KE	HB	MO
<i>A. K-ellátottság, az AL-oldható K₂O-tartalom alapján (CSATHÓ, 1997 szerint)</i>									
K ₀	igy	igy	k	k	k	k	gy	igy	igy
K ₁	j	k	ij	t	t	t	j	gy	igy
K ₂	t	t	t	t	t	t	ij	gy	k
<i>B. K-ellátottság a kukoricalevél K-tartalma alapján (ELEK & KÁDÁR, 1980, és JONES, 1967 határértékeinek felhasználásával)</i>									
K ₀	igy	gy	k	j	j	gy*	igy	igy	k
K ₁	j	j	j	ij	k	j	ij	j	j
K ₂	j	ij	j	ij	j	j	ij	j	j
<i>C. K-ellátottság a K-trágyázásnak a kukorica szemtermés növelő hatása alapján (DEBRECZENI & DVORACSEK, 1994 szerint)</i>									
K ₀	gy-k	gy	gy	k-j	j	j	igy	igy	k

Megjegyzés: igy: igen gyenge; gy: gyenge; k: közepes; j: jó; ij: igen jó; t: túlzott
*mintavétel előtti esőzés K-kimosódást okozhatott a szövetekből

kedésében megnyilvánuló K-hatásokat (6. táblázat, DEBRECZENI & DVORACEK, 1994). A talajok, illetve a kukoricánövény K-ellátottságának többoldalú megközelítése hasonló eredményekhez vezetett (7. táblázat). A kísérleti helyek és a K-trágyázás a talaj K-ellátottságának igen széles skáláját eredményezte, az „igen gyengétől” a „túlzott” K-ellátottságig. A virágzaskori kukoricalevél K-koncentrációja a talajhoz hasonlóan jelezte a K-ellátottságot, bár egy-egy kategóriakülönbség többször is mutatkozott a két megközelítés között. Nagyobb különbség a hajdúböszörményi és a mosonmagyaróvári talajokon a K_1 - és K_2 -szinteken mutatkozott. Az okok kiderítése további kutatómunkát igényel. A kukoricára a korábbi években kapott K-hatások az adott termőhely eredeti K-szolgáltató képességét jelzik a K kontroll- (K_0) szinten (7. táblázat).

Következtetések

A talaj kicserélhető K-tartalmának meghatározására szolgáló mindhárom talajkivonószer ($CaCl_2$, NH_4OAc és AL) meglehetősen jól jelezte a termőhely és a K-trágyázás hatására a talajok K-ellátottságában létrejött különbségeket. A talaj- és növény K-vizsgálati adatok létfontosságúak a szabadföldi tartamkísérletek eredményeinek kiterjesztésében és egy környezetkímélő K-műtrágyázási szaktanácsadási rendszer megalapozásában (CSATHÓ et al., 1998).

Összefoglalás

Összefüggéseket kerestünk a virágzaskori kukoricalevél tömege, a levél K-tartalma és a talaj AL-, NH_4OAc - és $CaCl_2$ -oldható K-tartalma között az OMTK kísérletek kilenc kísérleti helyén a különböző K-szinteken a kísérletek 27. évében, 1994-ben.

Mindhárom talaj K-teszt meglehetősen jól jelezte a termőhely és a K-trágyázás eredményezte különbségeket. A 0,01 M $CaCl_2$ átlagosan mintegy harmadannyi, a semleges ammónium-acetát mintegy 20 %-kal több káliumot vitt oldatba, mint az ammónium-laktát.

A virágzaskori kukoricalevél tömegére a K-trágyázás kevésbé hatott, mint a termőhely. A K-kezelések kifejezettebb hatást gyakoroltak ugyanakkor a virágzaskori kukoricalevél K-tartalmára, mint a tömegére. A nagyobb K-adag pótlólagos hatása azonban nem volt szignifikáns. A levél K-tartalmát a termőhely is befolyásolta. Nem találtunk szignifikáns összefüggést a kukoricalevél K-tartalma és a levéltömeg között. 1,7 % K-tartalom felett azonban feltehetően nem nőtt tovább a levéltömeg. A talaj AL-K-tartalmával együtt növekedett a levéltömeg a 200 mg/kg értékig. Gyenge-közepes lineáris összefüggést mutattunk ki a talaj K-tartalma és a levéltömeg között ($r = 0,43^{**}$). Szoros, szignifikáns logaritmikus összefüggést találtunk ugyanakkor az AL-oldható K és levél K-tar-

talom ($r = 0,78^{***}$) között. A megfelelő K-ellátottság alsó értékéhez – amelyet mintegy 1,7 % virágzaskori levél K-tartalma jelez – 180 mg/kg AL-oldható K_2O -tartalom kötődött.

A legerősebb, lineáris összefüggést ($r = 0,94^{***}$ és $0,96^{***}$) az AL-oldható és az NH_4OAc K-szintek, valamint az AL-oldható és a 0,01 M $CaCl_2$ K-értékek között találtuk. Ez utóbbi összefüggésből kihagytuk a 21 % $CaCO_3$ -tartalmú mosonmagyaróvári talajt, ahol az aktuális kicserélhető K-tartalmakat becsülő 0,01 M $CaCl_2$ kiugróan nagy K-mennyiségeket oldott ki. Ennek okát abban is kereshetjük, hogy a nagy mennyiségben jelen levő, a káliumnál sokkal erősebben adszorbeálódó kalcium a műtrágyával adott, illetve a mállás során felszabadult káliumot kiszoríthatta az adszorpció helyekről, megakadályozva a növény számára felvehető formában való megkötődését. A gyengén kötött kálium nagy mennyiségét mutathattuk ki ily módon a 0,01 M $CaCl_2$ -módszerrel.

Az AL-K-tartalmakban, a virágzaskori kukoricalevél K-tartalmában és a szemtermésekben megmutatkozó K-hatások hasonló K-ellátottságokat jeleztek. Kivételt képezett Hajdúböszörmény és Mosonmagyaróvár a K_1 - és K_2 -szinteken, ahol a növény több kategóriával magasabb K-ellátottságot mutatott, mint az AL-módszer.

A talaj kicserélhető K-tartalmának meghatározására szolgáló mindhárom talajkivonószer (0,01 M $CaCl_2$, NH_4OAc és AL) általában jól jelezte a termőhely és a K-trágyázás hatására a talajok K-ellátottságában létrejött különbségeket. A talaj- és növény K-vizsgálati adatok létfontosságúak a szabadföldi tartamkísérletek eredményeinek kiterjesztésében és egy környezetkímélő K-műtrágyázási szaktanácsadási rendszer megalapozásában (CSATHÓ et al., 1998).

Jelen munka a T 021264. sz. OTKA pályázat támogatásával folyt.

Irodalom

- BAIER, J. & BAIEROVA, V. 1998. Hundredth molar calcium chloride extraction procedure. IV: Calibration with conventional soil testing methods for potassium. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **29**. 1641–1648.
- BERINGER, H. & NOTHDURFT, F., 1985. Effects of potassium on plant and cellular structures. In: *Potassium in Agriculture* (Ed.: MUNSON, R. D.). 351–368. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- BLEVINS, D. G., 1985. Role of potassium in protein metabolism in plants. In: *Potassium in Agriculture* (Ed.: MUNSON, R. D.). 413–424. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- CORNFORTH, I. S. & STEELE, K. W. 1981. Interpretation of maize leaf analysis in New Zealand. *N. Z. J. Exp. Agric.* **9**. 91–96.
- CSATHÓ, P., 1991. Effect of NPK fertilization and split application of N on lodging due to windstorm and „harvestable” grain yield of maize. *Acta Agron. Hung.* **40**. 281–294.

- CSATHÓ P., 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960–1990. *Agrokémia és Talajtan*. **46**. 327–346.
- CSATHÓ, P. 1998. Correlations between two soil extractants and corn leaf potassium contents from Hungarian long-term field trials. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **29**. 2149–2160.
- CSATHÓ, P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T. 1998. New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **29**. 2161–2174.
- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ (Szerk.), 1994. Trágyázási kutatások, 1960–1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B. & DVORACSEK M., 1994. Szántóföldi tartamkísérletek különböző NPK-adagokkal, -arányokkal és műtrágyázási módokkal. In: Trágyázási kutatások, 1960–1990. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ) 166–244. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B., PÉTERFALVI A. & DVORACSEK M., 1994. Káliumfeltöltődés folyamata az OMTK talajaiban. In: Trágyázási kutatások, 1960–1990. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ) 147–150. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DENKE J. (Szerk.) 1974. Trágyázási kutatások eredményei. 2. Kukorica. MÉM-KATE. Budapest–Keszthely.
- EGNER, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *Lantbr. Högsk. Ann.* **26**. 199–215.
- ELEK É. & KÁDÁR I., 1980. Álló kultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- ESCANO, C. R., JONES, C. A. & UEHARA, R., 1981. Nutrient diagnosis in corn growth on hydric dystrandeps: I. Optimum tissue concentrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**. 1135–1139.
- HOUBA, V. J. G., NOVOZAMSKY, I. & TEMMINGHOFF, E. 1997. Soil Analysis Procedures. Extraction with 0.01 M CaCl₂. Dept. Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University. Wageningen. The Netherlands.
- HUBER, S. C., 1985. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: Potassium in Agriculture (Ed.: MUNSON, R. D.). 369–396. American Society of Agronomy, Madison. WI.
- HUBER, D. M. & ARNY, D. C., 1985. Interactions of potassium with plant diseases. In: Potassium in Agriculture (Ed.: MUNSON, R. D.). 467–488. American Society of Agronomy, Madison. WI.
- JÁSZBERÉNYI, I., FILEP, T. & LOCH, J. 1999. One hundredth molar calcium-chloride soluble and exchangeable potassium and the boundary values for soil K-supply. DATE Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Agrokémiai és Talajtani Szekció, 109–117. Debrecen, 1999. október 28–29.
- JONES, J. B. 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: Soil Testing and Plant Analysis: Part 2. (Ed.: HARDY, G. W.) SSSA Spec. Publ. No. 2. 49–85. SSSA Inc. Madison, WI.

- JONES, J. B., ECK, H. V. & VOSS, R. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: Soil Testing and Plant Analysis. Part 3. 3rd ed. Chapter 20. (Ed.: WESTERMAN, R. L.) 521–547. SSSA Inc. Madison, WI.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- KADLICKÓ B., KRISZTIÁN J. & HOLLÓ S., 1988. Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. Növénytermelés. **37.** 43–51.
- LÁSZTITY B., 1989. A kálium műtrágyázás hatása a termésre karbonátos homoktalajon. Növénytermelés. **38.** 559–568.
- LIEBHARDT, W. C. & MURDOCK, J. I., 1965. Effect of potassium on morphology and lodging of corn. Agron. J. **68.** 325–328.
- LOCH J. 1983. Agrokémia. In: Loch, J. & NOSTICZIUS, Á. Alkalmazott kémia. 5-200. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- MCLEAN, E. O., & WATSON, M. E., 1985. Soil measurement of plant-available potassium. In: Potassium in Agriculture (Ed.: MUNSON, R. D.). 277–308. American Society of Agronomy, Madison. WI.
- NÉMETH, T., 1995. Nitrogen in Hungarian soils: Nitrogen management relation to groundwater protection. J. Contaminant Hydrol. **20.** 185–208.
- NEUBERT, P. et al., 1969. Tabellen zur Pflanzenanalyse. Erste orientierende Übersicht. Inst. für Pflanzenernährung. Jena – Berlin.
- REUTER, D. J. & ROBINSON, J. B. (Eds.) 1986. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press. Melbourne–Sydney.
- SÁRDI, K. & NÉMETH, T., 1993. Studies on the available K content of different soils at constant moisture. Agrokémia és Talajtan. **42.** 183–194.
- SARKADI J., 1994. Szóbeli közlés.
- SCHACHTSCHABEL, P. & KÖSTER, W., 1978. Vergleich verschiedener Extraktionsmethoden zur Bestimmung der Kalium-verfügbarkeit in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **141.** 43–55.
- STEFANOVITS P. & DOMBÓVÁRINÉ FEKETE K., 1994. Az agyagásvány-összetétel ismere-tének talajtani és agrokémiai alkalmazási lehetőségei. In: Trágyázási kutatások, 1960–1990. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ) 81–105. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- SUELTER, C. H., 1985. Role of potassium in enzyme catalysis. In: Potassium in Agriculture (Ed.: MUNSON, R. D.). 337–350. Amer. Soc. Agronomy, Madison. WI.
- THAMM F-NÉ, 1973. Néhány módosítás a növényi anyagok nedves roncsolásában. Agrokémia és Talajtan. **22.** 345–350.
- WANASURIA, S., DE DATTA, S. K. & MENGEL, K., 1981. Rice yields in relation to electro-ultrafiltration extractable soil potassium. Plant and Soil. **59.** 23–31.
- WEBER, E. J., 1985. Role of potassium in oil metabolism. In: Potassium in Agriculture (Ed.: MUNSON, R. D.). 425–442. American Society of Agronomy, Madison. WI.

Érkezett: 2001. június 7.

Effect of Growing Site and K Fertilization on the Potassium Supplies in the Soil and in Maize Plants

P. CSATHÓ

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the
Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

Correlations were sought between the mass of the maize leaves at flowering, the K content of the leaves and the AL-, NH_4OAc - and CaCl_2 -soluble K contents of the soil at various K supply levels at nine experimental locations included in the National Long-Term Fertilization Trials. All three soil K tests gave a fairly good indication of differences caused by the growing site and K fertilization. On average only a third as much potassium was dissolved by 0.01 M CaCl_2 and 20 % more by neutral ammonium acetate than by ammonium lactate.

K fertilization had less effect on the mass of the maize leaves at flowering than the growing site. The K treatments exerted a more pronounced effect on the K content of the maize leaves at flowering than on their mass, but the effect of higher K rates was not significant. No significant correlation was found between the K content and mass of the maize leaves, but the leaf mass no longer increased at K contents greater than 1.7 %. The leaf mass rose parallel to the AL-K content of the soil up to a value of 200 mg/kg. A weak to moderate linear correlation was found between the soil K content and the leaf mass ($r = 0.43^{**}$). A close significant logarithmic correlation was found, however, between the AL-soluble K and the leaf K content ($r = 0.78^{***}$). The lower limit of adequate K supplies, indicated by a leaf K content of around 1.7 % at flowering, was associated with an AL-soluble K_2O content of 180 mg/kg.

The closest linear correlations ($r = 0.94^{***}$ and 0.96^{***}) were found between the AL-soluble and NH_4OAc -soluble K levels and between the AL-soluble and 0.01 M CaCl_2 -soluble K values, respectively. The Mosonmagyaróvár soil, which contained 21 % CaCO_3 and where the 0.01 M CaCl_2 method indicating the currently exchangeable K contents gave extremely high K values, was omitted from this latter correlation.

The AL-K, the K content in the maize leaves at flowering and the K effects demonstrated in the grain yield all indicated similar K supplies. The only exceptions were the K_1 and K_2 levels in Hajdúböszörmény and Mosonmagyaróvár, where the plants indicated K supply levels several categories greater than the AL method.

In general all three soil extractants used for the determination of the exchangeable K content of the soil (0.01 M CaCl_2 , NH_4OAc and AL) provided a good indication of the differences in soil K supply levels due to the growing site and K fertilization. The data of soil and plant K analysis are of vital importance in expanding the results of long-term field experiments and in laying the foundations for an environmentally sound K fertilization advisory system (CSATHÓ et al., 1998).

Table 1. K quantities applied in the experiments, kg K_2O /ha. (1) K level. (2) Cycle. A. K_2O applied to maize, kg/ha/year. B. Total K_2O applied, kg/ha/cycle. Note: *applied to the winter wheat–maize–maize–pea crop rotation.

Table 2. New soil K supply categories for crops with high K requirements based on AL-soluble K concentrations (according to CSATHÓ, 1997). (1) Soil texture: a) sand, b) sandy loam, c) loam, d) clayey loam, e) clay. (2) K supply categories (mg AL-K₂O/kg). (3) Very poor. (4) Poor. (5) Moderate. (6) Good. (7) Very good. (8) Excessive.

Table 3. Major soil properties of 9 experimental locations of the National Long-Term Fertilization Trials. (1) Soil property. a) Soil type: according to FAO classification; according to the Hungarian classification: b) pseudomyceliar (calcareous) chernozem, c) chernozem brown forest soil, d) meadow chernozem, e) brown forest soil with clay illuviations, f) Ramann's brown forest soil, g) meadow soil, h) calcareous alluvial soil; i) Texture: j) loam, k) clay loam, l) sandy loam, m) clay; n) humus, %, o) hydrolytic acidity, y₁, meq/100 g; p) silt, % (<0.01 mm), r) clay %; s) Mineral composition of the clay fraction of the soils, %; t) illite, u) kaolinite, v) smectite, w) vermiculite, x) illite-smectite, y) illite-chlorite, z) illite-vermiculite, zs) total K % in the clay fraction (HP digestion). No data. (2) Experimental sites. (3) References.

Table 4. Effect of 27 years' of K fertilization on 0.01 M CaCl₂-, NH₄OAc- and AL-soluble K content (mg/kg soil) (9 experimental sites of the National Long-Term Fertilization Trials, 1994). (1) K level. a) and (3) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Experimental sites. (4) Mean. *Experimental sites: see Table 3.

Table 5. Effect of 27 years' of K fertilization on the mass and K content of maize leaves at flowering. (1)–(4): see Table 4. A. Mass of maize leaves at flowering, g/20 leaves (air-dry). B. K content of maize leaves at flowering, % (air-dry).

Table 6. Effect of K doses on quantity of grain yield of maize in the previous six years of the experiments, t/ha (based on DEBRECZENI & DVORACSEK, 1994). (1) Experimental site. a) Mean. (2) LSD_{5%}. (3) Relative yield, %. (4) Yield surplus, t/ha. *Relative yield (100 K₁/K₂); Yield surplus: K₁–K₂.

Table 7. Comparison of K supply categories based on AL-soluble K₂O, the K content of the maize leaves, and the effect of K doses on the increase of maize grain yield at nine experimental sites of the National Long-Term Fertilisation Trials. (1) K level. (2) Experimental sites. A. K supplies based on the AL-soluble K₂O content (after CSATHÓ, 1997). B. K supplies based on the K content of the maize leaves (using limit values determined by ELEK & KÁDÁR, 1980, and JONES, 1967). C. K supplies based on the effect of K doses on increasing grain yield of maize (according to DEBRECZENI & DVORACSEK, 1994). Note: igy: very poor; gy: poor; k: moderate; j: good; ij: very good; t: excessive. *Rainfall prior to sampling may have leached K from the tissues.

Fig. 1. Correlation between AL-soluble K and the mass of maize leaves at flowering (9 experimental sites of the National Long-Term Fertilization Trials, 1994).

Fig. 2. Correlation between AL-soluble K and the K content of maize leaves at flowering (9 experimental sites of the National Long-Term Fertilization Trials, 1994).

Fig. 3. Correlation between AL-soluble K and the neutral NH₄OAc-soluble K contents (9 experimental sites of the National Long-Term Fertilisation Trials, 1994).

Fig. 4. Correlation between AL-soluble K and the 0.01 M CaCl₂-soluble K contents (9 experimental sites of the National Long-Term Fertilization Trials, 1994).