

## VITARÓVAT

### A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében

KÁDÁR IMRE

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

Az iparszerűvé váló növénytermesztésben megnöttek a talaj termékenységével, így a talaj K ellátottságával szembeni követelmények. Ahhoz, hogy a jelenlegi helyzetet kellően megérthessük, át kell tekintenünk a főbb földművelési rendszereket, azok tápanyag-gazdálkodását és a kálium-forgalom helyzetét a mezőgazdaság fejlődéstörténetében.

#### A kálium jelentőségének megítélése a talaj termékenységében régen és ma

Ha áttekintjük a mezőgazdaság fejlődéstörténetét, több földművelési rendszert különböztethetünk meg napjainkig, melyek teljesítőképességét a talajtermékenység fenntartásának módja, a tápanyagvisszapótlás lehetőségei minden korban alapvetően behatárolták. Mint ismeretes, a parlagos gazdálkodásban a talajtermékenység helyreállítása még pusztán egy természeti folyamat eredménye, a parlag növénytársulása révén, trágyázás nélkül. Az ugaros rendszerben a termések növekedése akkor indult meg igazán, amikor az istállótrágya összegyűjtésére, helyes kezelésére és felhasználására nagyobb gondot kezdtek fordítani, THAER munkássága nyomán, a múlt század fordulóján. Az istállótrágya elterjedésével a szántó termékenységének fenntartásához lényegesen kisebb ugar és rét, legelő terület elegendő volt, mint korábban.

A vetésváltó földművelésben az istállótrágya szántót tápláló funkciója változatlanul alapvető marad a termékenység fenntartása szempontjából. Az állandó gyepek aránya egyre csökken, az ugar helyébe részben a kapásnövények lépnek, utóbbiak átveszik az ugar gyomirtó funkcióját. A pillangós takarmányok a rétet és legelőt hivatottak helyettesíteni, közvetítésükkel több N jut a talajba gyökérmaradványaik útján, valamint etetésük révén az istállótrágyán keresztül is. A gazdálkodásnak ezt a N telítettségét sokáig nem is vették észre, míg BOUSSINGAULT erre nem hívta fel a figyelmet. Utóbbi tényező jelentős mértékben járult hozzá ahhoz, hogy számos nyugat-európai országban a 3 nyomásos gazdálkodásról a vetésforgóra való áttéréssel, az 1800-as évek közepéig, a gabona átlagtermékek megduplázódtak (PRJANISNIKOV [12]).

A talajok javuló N-ellátottsága mellett felismerték a P hatását a termésre, amely egyre inkább minimumba került. LIEBIG [11] a hamualkotó elemek, elsősorban a P és K jelentőségét hangsúlyozta, lebecsülve a N-trágyázás, illetve a

pillangósok szerepét, azt gondolva, hogy N-forrásként a levegő N-je szolgál  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  alakjában. A múlt század 60-as éveiben, részben homok- és vízkultúrákban lefolytatott kísérletek eredményei alapján világossá vált, hogy LIEBIG (PK) és BOUSSINGAULT (N) gondolatát egyesíteni kell és ezzel az „NPK” jelszó a trágyázás, illetve a műtrágyázás alapjául szolgált.

Magyarországon a múlt század elején, különösen az ország keleti-délkeleti vidékein, a csernozjomokon még nem trágyáznak, az istállótrágyát gyakran elégetik, mert a trágyázás hatástalan vagy káros lehetett (In.: CSERHÁTI és KOSUTÁNY [2]). Az 1800-as évek második felében azonban trágyázásra kényszerültek a magyar Alföldön is, mert a termések fokozatosan csökkentek. A tudományos igényű első hazai agrokémiai iskola megalapítója CSERHÁTI szemléletesen mutatja be egy átlagos (akkori) uradalom példáján a tápanyagmérlegek alakulását, az istállótrágya szerepét a tápanyagforgalomban. A szántó termékenységének fenntartása alapvetően a rétvénzésével történik az istállótrágya közvetítésével. Annak ellenére, hogy az árutermelő jelleg ekkor még nem uralkodó, a tápanyagforgalom az üzemben viszonylag zártabb, a mérleg a szántón N-re 20 és P-ra 50% deficitet mutatott, míg K-ra 200% többlet jelentkezett. Ahhoz, hogy a szántón az egyensúlyt fenntartsuk, kb. kétszer akkora rétre lenne szükség, a P-ból hiány áll fenn, terméseink a P-től fognak függeni — állapítja meg CSERHÁTI —, mert a N mérlegét javíthatjuk pillangósok által. A rétvénzés arány azonban egyre romlik, amellet a réteket sem trágyázzuk. A széna sok káliumot von ki a talajból, amit a szántón eltemetünk, de a gazdát nem érdekli a szántóra jutó K feleslege, hisz nem fizetett érte.

A gazdálkodás módja tehát a szántókon K-bőséget eredményezett, ez a bőség azonban viszonylagos. A művelt terület (szántó + rét és legelő) egészét tekintve ugyanis fennáll a rablógazdálkodás, a talajok K készletének fokozatos elszegényedése. Igaz azonban, hogy a legtöbb talajon, főleg a kötöttebb talajainkon a K-készlet egy nagyságrenddel nagyobb a P-készletnél, elvileg sok száz éven át forrásul szolgálhat a növényeknek. Ehhez járult még, hogy az árutermelés elsősorban a gabonagazdálkodással függött össze, eladásra a szem került, míg a K-ban gazdag melléktermék istállótrágyával, vagy közvetlenül visszakerült a talajba, nem került ki az üzem körforgásából.

Míg a N-műtrágyák felhasználását, elterjedését, drágaságuk gyakorlatilag lehetetlenné tette, a K-műtrágyázást csak ritkán és inkább a tőzeg és homok talajokon, valamint a káliumigényes növényeknél tartották szükségesnek a már említett okok és azok nyomán kialakult szemlélet alapján. Ebből adódóan a múlt század 70-es éveiben induló műtrágyázás egyet jelentett hazánkban a P-műtrágyázással. CSERHÁTI [2] erre utalva WAGNER-t idézi: „P nélkül nincs műtrágyázás, K nélkül igen, ritkán N nélkül is”, melyet elfogadhatónak és követendőnek tart Magyarországon is.

A kálium jelentőségének megítélése, földművelésünk egészét tekintve, nem változott a következő évtizedekben sem, egészen századunk derekáig, az 1950-es évekig. A kálium pótlása alapvetően az istállótrágyák útján történt, a műtrágyafelhasználás jelentéktelen maradt, nem érte el az 1 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha mennyiséget sem. Mindez annak ellenére, hogy a rétvénzés aránya egyre szűkül és a K-bőség a szántón is egyre csökkent, üzemi szinten pedig a K mérleg hiánya egyre nagyobbá vált. A műtrágyafelhasználás, így a K-felhasználás növekedése is az 1950-es évek közepétől számottevő és az 1960-as évekkel gyorsul fel. Még ebben az időben is azonban a K-műtrágyázást másodlagosnak tekintették. Az 1963-ban megtartott országos trágyázási anketón [14] pl. az a

1. táblázat

Magyarország K<sub>2</sub>O mérlegének alakulása a századfordulótól napjainkig, kg/ha mezőgazdasági területen

(1) Mérleg tételei	1932–36 (1900–1950)	1960–64	1971	1975 (1975–1980)
a) Termésekkel felvett	37,8	47,5	61,3	76,5
b) Visszapótlott				
Istállótrágyával	15,9	17,5	20,4	20,7
Műtrágyával	—	6,8	45,1	81,7
Melléktermékkel	—	—	16,6	25,4
Összesen	15,9	24,3	82,1	127,8
c) Egyenleg	–21,9	–23,2	20,8	51,3
d) * Egyenleg intenzitása, %	42,1	51,2	133,9	167,1

\* Hányados, amely kifejezi a terméssel felvett K hány %-át pótoltuk vissza trágyázással.

vélemény alakult ki, hogy a fejlettebb üzemekben öntözés nélküli gazdálkodásnál a talajtól, előveteménytől, fajtától és a régebbi trágyázástól függően búzáknál 40–90 kg/ha N, 30–80 kg/ha P<sub>2</sub>O, a kukoricánál ezenkívül — elsősorban a régebben istállótrágyázott talajokon — még 30–70 kg/ha K<sub>2</sub>O alkalmazása gazdaságos. A K-mal gyengén vagy közepesen ellátott talajokon sem szükséges a terméssel kivont K mennyiségének teljes visszapótlására törekedni, kalászo-

2. táblázat

A kísérletben felhasznált tápanyagok mennyiségei kg/ha

(1) Tápanyagok	(2) Tápanyag szint			
	0	1	2	3
N (évente)	0	100	200	300
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (1973-ban)	0	500	1000	1500
K <sub>2</sub> O (1973-ban)	0	500	1000	1500

soknál és a jobban ellátott talajokon K-műtrágyázást általában nem is javasoltak. „Nitrogén a magyar föld műtrágyája, ezt követi a foszfor és csak ritkán a kálium”. A műtrágya felhasználásban a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,5–2-szerese, míg a N több mint 2-szerese volt a K<sub>2</sub>O-nak.

A K jelentőségéről kialakult szemlélet bizonyos módosulásokkal a közel-múltig hatott. Így pl. SARKADI [13] „A műtrágyaigény becsülésének módszerei” c. könyvében nomogramokat szerkesztve a P és K igény számításához a várható termésszint és a talaj AL-oldható K-tartalma függvényében megjegyzi: „... már a közepes K-tartalmú talajokon sem tartjuk okvetlenül szükségesnek a terméssel kivont K teljes visszapótlását, és még az igen kevés K-ot tartalmazó talajokon javasolt adagok is csak mintegy 25%-kal haladják meg a várható termés káliumtartalmát”. A P-ban szegény talajokon ugyanitt SARKADI a várható termés P-tartalmának két és félszeresét is célszerűnek tekinti adagolni a talaj feltöltése céljából.

Az 1960-as évek eleje óta alapvető mennyiségi és minőségi változások következtek be földművelésünk tápanyag-gazdálkodásában, különösen ami a kálium jelentőségét illeti. Az 1 ha mezőgazdaságilag hasznosított területen fel-

használt összes műtrágya  $N + P_2O_5 + K_2O$  hatóanyag mennyisége a következőképpen alakult: 1960–64. évek átlagában 34, 1971-ben 139, míg 1975-ben 224 kg. Ez idő alatt a  $K_2O$  felhasználás aránya lényegesen módosult: 1960–64. évek átlagában a  $P_2O_5$ -felhasználás 1,5–2-szeresen, a N-felhasználás több mint kétszeresen meghaladta a  $K_2O$ -t; míg 1971-ben a  $K_2O$ -felhasználás szintje eléri a  $P_2O_5$ -t, 1975-ben pedig a N-ét is. A  $K_2O$ -felhasználás 1975-re 12, míg a N és  $P_2O_5$  felhasználása 5–5,5-szörösére emelkedett az 1960-as évek elejéhez viszonyítva. Milyen hatással volt ez a folyamat földművelésünk K-mérlegére, mely okok váltották ki ezeket és milyen következtetéseket vonhatnak le a jövőre nézve?

3. táblázat

A talaj könnyen oldható P-és K-tartalmának változása a szántott rétegben, mészlepedékes csernozjom, Nagyhorcsók

(1) Vizsgálatok	(2) P és K szintek				
	0	1	2	3	SzD <sub>4</sub> %
<b>AL-<math>P_2O_5</math> ppm</b>					
1974-ben	58	190	361	533	49
1976-ban	65	123	190	290	22
1978-ban	62	112	173	264	12
<b>AL-<math>K_2O</math> ppm</b>					
1974-ben	128	192	285	362	19
1976-ban	143	178	212	268	18
1978-ban	124	140	168	208	13
<b>EUf-<math>P_2O_5</math> ppm (1978-ban)</b>					
I + II frakció	2,5	5,1	11,1	15,3	
III + VI frakció	7,5	13,5	25,8	32,2	
Σ7 frakció	13,0	23,8	46,2	60,7	
<b>EUf-<math>K_2O</math> ppm (1958-ban)</b>					
I + II frakció	32,0	40,0	46,9	62,6	
III + VI frakció	51,4	54,8	63,0	80,4	
Σ7 frakció	102,0	111,0	131,2	163,7	
<b>Olsen-<math>P_2O_5</math> ppm</b>					
1974-ben	12	83	193	316	40
1976-ban	16	44	72	123	10
1978-ban	8	24	50	82	2

EUf = elektroultrafiltrációs módszer.

Az 1. táblázatban bemutatjuk földművelésünk  $K_2O$ -mérlegét az 1930-as évektől (századunk első felét is reprezentálja) 1975-ig, napjainkig, hiszen 1975–1980 között lényeges változások nem következtek be a tápanyagforgalomban. A tápanyagmérleg módszerét és eredményeit részletesen korábban már ismerttettem (KÁDÁR [5, 6]).

Századunk első felében a terméssel felvett K pótlása alapvetően az istállótrágya útján történt és ez a K-forrás mintegy 40%-os visszapótlást biz-

4. táblázat

A K-műtrágyázás hatása a növények termésére, a talaj P-ellátottsága függvényében, t/ha

(1) P szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	(2) Átlag
A) Őszi búzaszem, <i>Kavkaz</i> , 1974						
P <sub>0</sub>	4,64	4,64	4,59	4,54	0,39	4,60
P <sub>1</sub>	5,49	5,92	5,93	5,94		
P <sub>2</sub>	5,68	5,84	5,90	5,92		
P <sub>3</sub>	5,70	5,76	5,96	6,04		
Átlag	5,38	5,54	5,60	5,61	0,20	5,53
A) Őszi búzaszem, <i>Kavkaz</i> , 1975						
P <sub>0</sub>	3,54	4,15	4,27	4,19	0,30	4,04
P <sub>1</sub>	4,67	5,40	5,17	5,30		
P <sub>2</sub>	4,98	5,18	5,46	5,53		
P <sub>3</sub>	5,07	5,39	5,46	5,59		
Átlag	4,56	5,03	5,09	5,15	0,15	4,96
B) Kukoricaszem, <i>MV-SC-380</i> , 1976						
P <sub>0</sub>	4,12	4,94	4,84	5,05	0,55	4,74
P <sub>1</sub>	4,49	5,72	6,17	6,16		
P <sub>2</sub>	4,28	4,82	5,42	4,96		
P <sub>3</sub>	3,35	4,58	4,48	4,60		
Átlag	4,06	5,02	5,23	5,19	0,27	4,87
B) Kukoricaszem, <i>MV-SC-380</i> , 1977						
P <sub>0</sub>	8,83	9,03	9,05	9,12	0,84	9,00
P <sub>1</sub>	9,15	9,32	9,12	9,11		
P <sub>2</sub>	8,66	9,02	8,86	8,76		
P <sub>3</sub>	8,23	8,22	8,35	8,48		
Átlag	8,72	8,90	8,84	8,87	0,42	8,83
C) Burgonyagumó, <i>Desiré</i> , 1978						
P <sub>0</sub>	16,6	20,0	21,8	22,1	2,5	20,1
P <sub>1</sub>	20,1	24,0	26,9	27,3		
P <sub>2</sub>	19,7	24,4	25,8	27,5		
P <sub>3</sub>	19,5	24,8	27,4	28,5		
Átlag	19,0	23,3	25,5	26,4	1,3	23,6

 SzD<sub>5%</sub> sor- és oszlopátlagokra azonosak.

tosított évente országosan, a mérleg 20–22 kg/ha K<sub>2</sub>O hiánnyal zárult. A 60-as évek elején a még kismértékű műtrágya-K a hiányt nem volt képes ellensúlyozni, a visszapótlás 50% körül alakult. A K mérleg hiánya csak az 1970-es évek elejével szűnik meg, alapvetően a nagyobb mérvű műtrágya-K felhasználása eredményeképpen (több mint kétszerese az istállótrágya K-forrásnak). Ekkor terjed a kukoricaszár, valamint a búza szalma leszántása, az intenzívebb állattartási módszerek részben nem igénylik ezeket a melléktermékeket és gépesítésük sem megoldott, melyek mint K-források nagyságrendileg megközelítik, majd elérik az istállótrágya jelentőségét. 1975-re a műtrágya-K mint tápanyagforrás 4-szerese az istállótrágyának, így az évenkénti korábbi 20–22 kg/ha K<sub>2</sub>O hiányát az 1970-es évek elejétől a „többlet” váltja fel, ma már kb.

5. táblázat

A K-műtrágya hatása a növény betegség-ellenállóságára a talaj P-ellátottsága függvényében (Az összes növény %-ában kifejezve)

(1) P szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	(2) Átlag
A) Lisztharmat, őszi búza, Kavkaz, 1975						
P <sub>0</sub>	70	52	46	40		52
P <sub>1</sub>	54	50	42	40		46
P <sub>2</sub>	46	48	40	38	10	42
P <sub>3</sub>	46	38	40	42		42
Átlag	54	46	42	40	5	46
B) Szártörés, kukorica, MV-SC-380, 1976						
P <sub>0</sub>	25	5	0	2		8
P <sub>1</sub>	90	40	35	28		50
P <sub>2</sub>	90	50	35	30	10	50
P <sub>3</sub>	98	55	38	30		55
Átlag	75	38	28	22	5	40
C) Levélfoltosság, burgonya, Desiré, 1978						
P <sub>0</sub>	50	30	24	20		30
P <sub>1</sub>	84	50	30	20	20	46
P <sub>2</sub>	80	56	40	36		52
P <sub>3</sub>	90	60	36	36		56
Átlag	76	48	32	28	10	43

SzD<sub>5%</sub>: sor- és oszlop-átlagokra azonosak.

50 kg/ha K<sub>2</sub>O mennyiséggel gazdagodnak talajaink K-ban. Az évszázados „hiány” helyett „többlet”-ről beszélhetünk a K-mérlegben, a terméssel felvett K-mennyiségét 60–70%-kal meghaladó túltrágyázás, talajgazdagító trágyázás gyakorlata következett be.

Történeti szemmel vizsgálva, pl. az utóbbi időszakot, századunk K-mérlegét tekintve ez a jelenlegi túltrágyázásra való törekvés indokoltnak látszik és még hosszabb ideig sem jelent egyensúlyi állapotot. A századfordulótól a 60-as évekig mintegy 1000–1200 kg/ha K<sub>2</sub>O veszteség állott elő a növényi tápanyagfelvétellel, melyet trágyázással nem pótolunk. Az utóbbi 10 év pozitív mérlege összesen mintegy 300 kg/ha K<sub>2</sub>O többletkez hozhatott talajainkban. A tápanyag-visszapótlás jelenlegi helyzete, a talajgazdagító vagy feltöltő trágyázásra való törekvés, napjaink iparszerű növénytermelési rendszereiből adódik. A drága gépek és géprendszerek, vegyszerek felhasználása olyan mértékben növelik a termelés önköltségét, melyet az élömunka megtakarítása közel sem képes ellensúlyozni. Ebből adódóan megnöttek a követelmények a talaj termékenységevel szemben, a termelés csak a tápanyagokkal jól ellátott és termékeny talajokon folyhat (pl. 4,0–5,0 t/ha gabonatermés, illetve 5,0–6,0 t/ha kukoricatermés) mellett funkcionálhatnak ezek a rendszerek). Szükségessé válik, hogy a tápanyagszegény, vagy elszegényedett talajokon a kielégítő ellátottságot rövid idő alatt létrehozzuk.

A továbbiakban megkíséreljük bemutatni a kálium jelentőségét a csernozjom talaj termékenységének fenntartásában. Ahhoz ugyanis, hogy megérthessük a jelenkori mezőgazdasági gyakorlat megnövekedett érdeklődését és

6. táblázat

A K-műtrágya hatása a töréskori kukorica növényre (MV-SC-380), 1976

(1) P szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	(2) Átlag
A) Szárazanyag-tartalom, %						
P <sub>0</sub>	59,8	46,5	44,0	34,5		46,2
P <sub>1</sub>	78,2	58,0	60,0	50,2	9,2	61,6
P <sub>2</sub>	75,0	67,8	57,5	53,8		63,5
P <sub>3</sub>	72,0	65,8	60,2	52,5		62,6
Átlag	71,2	59,5	55,4	47,8	4,6	58,5
B) Tőszám, db/24,5 m <sup>2</sup>						
P <sub>0</sub>	115	120	126	129		122
P <sub>1</sub>	111	111	116	117	13	113
P <sub>2</sub>	108	111	113	109		110
P <sub>3</sub>	102	111	108	115		109
Átlag	109	113	115	117	7	113
C) Ezerszemsúly, g						
P <sub>0</sub>	313	325	323	320		320
P <sub>1</sub>	266	302	311	312	16	297
P <sub>2</sub>	252	280	296	281		277
P <sub>3</sub>	221	270	263	272		256
Átlag	263	294	298	296	8	287

SzD<sub>5%</sub> sor- és oszlop-átlagokra azonosak.

igényét e tápelemmel szemben, a kálium megítélésében bekövetkezett változásokat, éppen egy tipikus magyar csernozjomot vettünk példának, amelyet mindezideig úgy tekintettünk, mint K-trágyázásra nem szoruló, nagy K-készlettel rendelkező talajt.

A káliumtrágyázás hatása a csernozjom talaj termékenységére

Szabadszíri tartamkísérletünket 1974-ben a Nemzetközi Káli Intézet X. Kongresszusán is bemutattuk. A kísérleti telep „Nagyhőrcsök”, éghajlata kontinentális jellegű. Az évi átlagos középfőmérséklet 10,9 °C, csapadék mennyisége 576 mm, napfénytartam 2248 óra. A löszön képződött mészlepedékes csernozjom talaj CaCO<sub>3</sub>-tartalma 5%, humusz 3%, a szántott rétegben. A talajvizsgálatok szerint a pH<sub>KCl</sub> = 7,4; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(AL) = 50–80 ppm; K<sub>2</sub>O(AL) = 120–140 ppm; Mg(KCl) = 120–150 ppm; Mn(EDTA) = 100–150 ppm. Zn(EDTA) = 1–2 ppm; Cu(EDTA) = 2–4 ppm. A hazánkban elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságáról tanúskodnak.

Az 1973 őszi beállított kísérletünkben a P- és K-műtrágyákat, valamint a N felét őszi szántás előtt, a N másik felét – tavasszal szórtuk ki 25%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 40%-os kálisó formájában. A N-műtrágyázást évente megismételtük, míg a P és K esetében a feltöltő trágyázással létrehozott tápanyagszintek utóhatásait figyeltük meg. Jelzőnövényül az első 2 évben őszi búza, 3. és 4. évben kukorica, az 5. évben pedig burgonya szolgált. A kísér-

7. táblázat

## A K-műtrágyázás hatása a burgonya növényre (Desiré) 1978

(1) N és P szintek	K <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5</sub> %	(2) Átlag	
	A) Átlagos gumósúly, g/db						
P <sub>0</sub>	150	161	178	168		164	
P <sub>1</sub>	158	182	182	192	56	178	
P <sub>2</sub>	154	180	190	204		182	
P <sub>3</sub>	166	186	202	202		188	
Átlag	157	177	188	192	28	178	
	B) Keményítőtartalom, %						
P <sub>0</sub>	16,6	17,8	18,0	17,6		17,5	
P <sub>1</sub>	16,2	17,3	18,0	18,0	0,8	17,4	
P <sub>2</sub>	16,2	17,0	17,9	17,5		17,1	
P <sub>3</sub>	15,7	17,5	17,6	17,7		17,1	
Átlag	16,1	17,4	17,8	17,7	0,4	17,3	
	C) Keményítőhozam, kg/ha						
P <sub>0</sub>	714	926	1015	1012		917	
P <sub>1</sub>	842	1080	1256	1278		1114	
P <sub>2</sub>	829	1076	1199	1250	124	1088	
P <sub>3</sub>	794	1124	1253	1308		1120	
Átlag	795	1052	1181	1212	62	1060	
	D) Lomb állapota*						
N <sub>0</sub>	1,2	2,0	2,1	2,0		1,8	
N <sub>1</sub>	1,5	2,4	2,5	2,4	0,8	2,2	
N <sub>2</sub>	1,6	2,5	3,4	3,6		2,8	
N <sub>3</sub>	2,1	3,8	4,4	4,2		3,6	
Átlag	1,6	2,6	3,1	3,1	0,4	2,6	

\* 1 = teljesen leszáradt; 5 = teljesen zöld. SzD<sub>5</sub>% sor- és oszlop-átlagokra azonosak.

let. észeredményeiről már több helyen beszámoltunk (ELEK et al. [3] GAMAL et al. [4], KÁDÁR és ELEK [7], KÁDÁR és LÁSZTITY [8], KÁDÁR és ZILAHY [9], KÁDÁR et al. [10]).

A felhasznált műtrágyaadagok lehetővé tették, hogy rövid idő alatt olyan tápelemszint-különbségeket és azok kombinációit hozzuk létre e talajon, melyek a nagyüzemek gyakorlatában is előfordulhatnak (2. és 3. táblázat). Kísérletünk 4<sup>3</sup> típusú, 3 tényezős NPK-műtrágyázási kísérlet, ahol mindhárom tápelemet 4 szinten adagoltuk. Az ismétlések száma 2, az összes parcellák száma 128, 64 kezeléssel minden lehetséges kombinációt beállítottunk. Meg kell jegyeznünk, hogy a melioratív trágyázással létrehozott P és K ellátottsági szintek, évenkénti fenntartó trágyázás nélkül gyorsan szülyedtek. Az AL-oldható P-és K-tartalom alakulása a talajban arra utalt, hogy az 1973 őszen felhasznált műtrágya P és K hatóanyagainak egyre kisebb hányada maradt e módszerrel kimutatható formában. A 2 : 1 típusú, táguló rácsú montmorillonit agyagásvány összetétel gyors K és mérsékelt P leköttődést eredményezett, erre az 1978-ban meghatározott EUF adatok is bizonyítékul szolgáltak. Míg az EUF-P tartalom átlagosan a 7 frakció összegében ötszörösére nőtt a



8. táblázat

A K-műtrágyázás hatása a kukorica és a búza növények K/P arányára

(1) P szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K	K <sub>2</sub>	(2) Átlag
A) Kukorica 6 leveles korban, <i>MV-SC 380</i> , 1976					
P <sub>0</sub>	6,4	11,1	13,0	13,2	10,6
P <sub>1</sub>	3,8	7,1	9,2	9,8	7,3
P <sub>2</sub>	3,9	6,2	8,7	8,9	7,0
P <sub>3</sub>	2,8	5,9	7,9	8,3	6,1
Átlag	4,0	7,2	9,4	9,7	7,5
B) Kukoricalevél virágzás kezdetén, <i>MV-SC 380</i> , 1977					
P <sub>0</sub>	4,6	6,8	8,0	8,2	7,0
P <sub>1</sub>	2,9	3,8	5,4	5,9	4,5
P <sub>2</sub>	2,2	3,4	4,6	5,1	3,8
P <sub>3</sub>	1,9	3,1	3,8	4,8	3,4
Átlag	3,0	4,3	5,5	6,0	4,7
C) Kukoricaszár, <i>MV-SC 380</i> , 1977					
P <sub>0</sub>	10,1	13,0	13,0	22,3	14,4
P <sub>1</sub>	4,0	5,3	8,6	8,1	6,3
P <sub>2</sub>	2,8	3,7	3,6	4,3	3,7
P <sub>3</sub>	1,9	2,5	3,4	3,8	2,9
Átlag	4,7	6,1	7,2	9,6	6,8
D) Burgonyalevél virágzás végén, <i>Desiré</i> , 1978					
P <sub>0</sub>	4,7	8,0	14,7	20,0	11,4
P <sub>1</sub>	3,6	5,3	8,7	12,0	7,3
P <sub>2</sub>	3,4	4,7	8,2	11,6	6,7
P <sub>3</sub>	2,8	4,4	7,7	10,2	6,1
Átlag	3,4	5,4	9,5	13,4	7,5

maximális feltöltés hatására, addig az EUF-K tartalom mindössze 60%-kal, 1978-ban. (3. táblázat.)

Ahhoz, hogy a K szerepét és jelentőségét megítélhessük a csernozjom talaj termékenységében, más elemekkel összefüggésben kell vizsgálnunk hatásmechanizmusát. Kísérleti viszonyaink között, 4-éves lucerna elővetemény után, elsősorban a talaj P-ellátottságának függvényében taglaljuk a K talajra és növényre gyakorolt hatását. A K és P tápelemek együttes vizsgálatát földművelésünkben játszott szerepük, gyakorlati alkalmazásuk (pl. K és P együttes előretrágyázás, stb.) is indokolja.

A kálium hatását néhány növény termésére a talaj P-ellátottsága függvényében a 4. táblázatban tanulmányozhatjuk. Az őszi búza termése 1,5–2,0 t/ha mennyiséggel emelkedett évenként az együttes PK-trágyázás hatására, melyben a K termésmnövelő hatása 0,3–0,6 t/ha-ra tehető, statisztikailag igazolható. A kukorica termését K<sub>1</sub> szintig a P emelte, a magasabb P-ellátottság azonban csökkentette mindkét évben. Ez utóbbi jelenség a P–Zn antagonizmusra vezethető vissza, a levélanalízis adatok szerint a P/Zn aránya a virágzás kezdetén 200 fölött alakult az igen jó P-ellátottságú parcellákon, relatív Zn hiányt okozva. A K részben ellensúlyozta a P depresszív hatását, különösen a szárazabb 1976. évben és esetenként 1,0–1,3 t/ha termésmnövelőket is okozott.

## 9. táblázat

## A K-műtrágyázás hatása a növények kémiai összetételére

(1) Tápelemek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>1</sub> %	(2) Átlag
A) Őszi búza bokrosodás végén, <i>Kavkaz</i> , 1974						
K, %	2,74	3,31	3,37	3,46	0,11	3,22
Ca, %	0,78	0,77	0,76	0,78	0,08	0,77
Mg, %	0,27	0,22	0,20	0,19	0,02	0,22
Fe, ppm	250	219	216	212	39	224
Mn, ppm	94	87	85	86	4	88
K/Ca	3,5	4,3	4,4	4,4		4,2
K/Mg	10,1	15,0	16,8	18,2		14,6
K/Fe	110	151	156	163		144
K/Mn	291	380	396	402		366
B) Kukorica 6 leveles korban, <i>MV-SC 380</i> , 1976						
K, %	1,97	3,37	4,22	4,49	0,13	3,50
Ca, %	1,22	1,00	0,85	0,79	0,04	0,97
Mg, %	0,77	0,59	0,48	0,45	0,04	0,57
Fe, ppm	735	631	625	610	62	650
Mn, ppm	147	135	139	132	7	136
K/Ca	1,6	3,4	5,0	5,7		3,6
K/Mg	2,6	5,7	8,8	10,0		6,1
K/Fe	27	52	68	74		54
K/Mn	134	250	327	340		257
C) Burgonyalevél virágzás elején, <i>Desiré</i> , 1978						
K, %	2,16	2,91	3,85	4,47	0,15	3,35
Ca, %	2,37	2,27	2,02	1,87	0,08	2,13
Mg, %	0,68	0,57	0,46	0,38	0,04	0,52
Fe, ppm	1620	1536	1413	1216	280	1446
Mn, ppm	118	114	109	92	11	108
K/Ca	0,9	1,3	1,9	2,4		1,6
K/Mg	3,2	5,1	8,4	11,8		6,4
K/Fe	13	19	27	37		23
K/Mn	183	255	353	486		310

A burgonyánál 6–9 t/ha terméstartományt produkált a K-műtrágya, különösen a P-ral jól ellátott talajokon (4. tábl.).

Az éveket tekintve meg kell említeni, hogy az 1974., 1975., 1977. évek átlagosnak mondhatók, míg az 1976. év igen száraz, az 1978. év pedig borús, párás, csapadékos volt a tenyészidő folyamán (1978. „jó burgonya év”). A K hatása részben a növények betegség-ellenállóságán keresztül érvényesült. Amint az 5. táblázatból látható, az őszi búza lisztharman-fertőzöttsége a P-és K-trágyázás eredményeképpen átlagosan mintegy 30%-kal lecsökkent. A kukorica fuzariumos szártörését a P indukálta, melynek hatását a K ellensúlyozta.

A P-ral egyoldalúan trágyázott parcellákat ugyanis csaknem a teljes növényállomány ízekre tört szét és a földön feküdt. A burgonya levélfoltossága (*Alternaria solani*) az egyoldalú P trágyázással erősen növekedett, a talaj javuló K ellátottsága azonban a fertőzés mértékét közel 1/3-ára csökkentette.

Vizsgáljuk meg közelebbről a K hatásmechanizmusát a két kapásnövényre. Amint a 6. táblázatból kitűnik, a káliummal jól ellátott parcellákon a kukorica szára nedvesebb és zöldebb, fiziológiailag aktív maradt még töréskor is.

10. táblázat

A K-műtrágyázás hatása a talaj cellulózbontó hatására  
(Elbontott cellulóz %-ban megadva)

(1) P szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>1</sub> %	(2) Átlag
A) Őszi búza alatt, Karkaz, 1975						
P <sub>0</sub>	38,7	32,7	33,3	30,6		33,8
P <sub>1</sub>	60,3	65,4	62,6	53,6		60,5
P <sub>2</sub>	60,4	64,1	56,5	46,7	4,4	56,9
P <sub>3</sub>	56,9	60,0	52,0	49,1		54,5
Átlag	54,1	55,6	51,1	45,0	2,2	51,5
B) Kukorica alatt, MF-SC 380, 1976						
P <sub>0</sub>	20,1	21,8	21,1	21,4		21,1
P <sub>1</sub>	23,2	25,2	25,6	26,6		25,2
P <sub>2</sub>	24,1	27,2	29,1	29,2	3,0	27,4
P <sub>3</sub>	26,1	28,3	29,9	29,0		28,3
Átlag	23,4	25,6	26,4	26,6	1,5	25,5

Igy ellenállt a P-indukálta szártörésnek, közvetetten a K meggátolta a tőszám és az ezerszemsúly csökkenését, e két terméselemen keresztül növelte a szemtermés hozamát. A K tehát az egyoldalú P trágyázás káros hatását alapvetően ellensúlyozta. Hasonló mechanizmus rajzolódik elénk a burgonya esetében is (7. táblázat). Betakarítás előtt egy héttel a lomb állomány fiziológiai állapotára végzett bonitálásaink szerint az egyoldalú P-ral trágyázott parcellákon a lomb teljesen leszáradt, míg a N- és K-trágyázás fiziológiailag aktív és zöld lombot eredményezett, levélfoltosság és nekrozis tünetek nélkül. Ebből adódóan a K növelte az átlagos gumósúlyt, keményítőtartalmat és az egységnyi területről nyert keményítőhozamot.

A K/P arányának, kiegyensúlyozottságának nagy jelentőséget kell tulajdonítanunk a talajban és a növényben. A növényelemzés alkalmas eszköznek mutatkozhat arra, hogy a kiegyensúlyozott tápelemellátottság kontrolljául szolgáljon. A növény faja, kora, eltérő növényi szervek ugyan más és más K/P arányt jeleznek ugyanazon parcellákon, de a talaj eltérő K és P szolgáltatását kielégítően tükrözni képesek. A növényelemzés adatai összefüggésbe hozhatók a talajvizsgálati eredményekkel, a terméshozamokkal, valamint a növényi betegség-ellenállósággal, a betegségek fellépésének gyakoriságával. A növény tápláltsági állapota és ásványi összetétele nemcsak a terméslehetőségeket határozza be, hanem befolyásolja a betegségekkel szembeni ellenállást és pl. burgonya esetén a későbbi tárolhatóságot is. A 8. táblázat adatai arra mutatnak, hogy a K/P aránya akkor is jelentős eltéréseket mutatott a trágyázás függvényében, amikor (pl. a kedvezőbb csapadékeloszlású 1977-ben) a növény a generatív fázisban ellensúlyozni tudta jelentősebb szemtermés csökkenés nélkül a kedvezőtlen táplálkozás káros hatásait, kiegyenlítette a melléktermék rovására és a nem trágyázott talajokon az oldhatóbbá vált K-készletéből a talajnak.

A tartós és nagyadagú K-trágyázás ugyanakkor megváltoztathatja egy sor makro- és mikroelem tartalmát a növényben, azok egymáshoz viszonyított arányát. Kísérletünkben jelentősen lecsökkent a Ca, Mg, Fe, Mn mennyisége és tágult a K/Ca, K/Mg, K/Fe és K/Mn aránya. Bár az irodalomban közölt

## 11. táblázat

## A K-műtrágyázás hatása a növény K felvételére és a műtrágya érvényesülésére

(1) P szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	(2) Átlag
A) Adott K <sub>2</sub> O kg/ha, 1973					
	—	500	1000	1500	
B) Kivont K <sub>2</sub> O kg/ha 1974—78. évek alatt összesen					
P <sub>0</sub>	333,6	420,2	503,3	534,7	448,7
P <sub>1</sub>	371,9	479,9	572,5	618,3	510,6
P <sub>2</sub>	382,0	471,1	566,7	625,4	511,3
P <sub>3</sub>	384,7	492,0	577,5	637,0	522,6
Átlag	368,1	465,8	555,0	603,8	498,3
C) Érvényesülés az adott %-ában					
P <sub>0</sub>	—	84,0	50,3	35,6	56,6
P <sub>1</sub>	—	96,0	57,2	41,2	64,8
P <sub>2</sub>	—	94,2	56,7	41,7	64,2
P <sub>3</sub>	—	98,4	57,8	42,5	66,2
Átlag	—	93,2	55,5	40,3	63,0
D) Kivont többlet K <sub>2</sub> O kg/ha 1974—78 évek összegében					
P <sub>0</sub>	—	86,6	169,7	201,1	152,5
P <sub>1</sub>	—	108,0	200,6	246,4	185,0
P <sub>2</sub>	—	89,1	184,7	243,4	172,4
P <sub>3</sub>	—	107,3	192,8	252,3	184,1
Átlag	—	97,8	187,0	235,8	173,5
E) Érvényesülés a különbség módszerrel, %					
P <sub>0</sub>	—	17,3	17,0	13,4	15,9
P <sub>1</sub>	—	21,6	20,1	16,4	19,4
P <sub>2</sub>	—	17,8	18,5	16,2	17,5
P <sub>3</sub>	—	21,5	19,3	16,8	19,2
Átlag	—	19,6	18,7	15,7	18,0

határértékek alapján (BERGMANN és NEUBERT [1]) ez a jelenség még nem vezetett a K hatékonyságának csökkenéséhez, a talaj termékenységét nem veszélyeztette mint pl. a P–Zn antagonizmus a P-trágyázás esetén, azonban még e meszes talajon is relatív Mg-hiányt indukálhat, a K/Mg aránya a Mg ellátottságot a gyenge ellátottsági küszöbhez juttatta (9. táblázat).

A talaj termékenységének egyik jellemzője a biológiai folyamatok intenzitása. Kísérletünkben az UNGER [15] által javasolt cellulóz tesztet alkalmaztuk, hogy a K és P szinteknek a talaj mikroszervezeteire gyakorolt hatásáról információt nyerjünk. Megállapítottuk, hogy a P-szegény talajokon a P-trágyázás serkentette a legkifejezettebben a cellulózbontást. A K önmagában nem, vagy negatívan hatott. A K hatása a K<sub>1</sub> szinten P-trágyázás mellett azonban előnyösnek mutatkozott a mikroszervezetek tevékenységére is. A talaj mikrobiális élőlényei tehát közelítően hasonló tápanyagigényt támasztanak a talajjal szemben, mint a magasabb rendű kultúrnövényeink, illetve az egyoldalú túltrágyázás depresszív hatásaitól nem mentesek (10. táblázat).

Kísérletünk első 5 éve alatt, a fő- és melléktermékekkel átlagosan mintegy 500 kg/ha  $K_2O$  összes növényi tápanyagfelvételt regisztrálhattunk. A K-trágyázás közel kétszeresére emelte a K felvételét, különösen a P-ral jobban ellátott talajon. A műtrágya-K mérleg módszer szerint számított hasznosulása alapvetően az adagtól függött. A klasszikus különbség módszerrel számított érvényesülés kevésbé függött azonban az adagtól és átlagosan 15–20% körül alakult. A magasabb K szinteken ugyanis részben a termésteöbbletek, valamint a K luxusfelvétel (hasznos luxusfelvétel, mellyel minőségjavulás járt együtt, pl. keményítőtartalom emelkedése a burgonyánál, nagyobb betegség ellenállóság a búza és kukoricánál is) az érvényesülést a nagyobb K-adagokon is közel azonos szinten tartotta. Ebből adódóan a talajtermékenység fenntartását célszerűnek látszik jelen körülményeink között még a K-mal jóközepesen ellátott csernozjomokon is teljes visszapótlással biztosítani, sőt e talajok gazdagító K-trágyázása is indokolt lehet, eddigi szemléletünkkel ellentétben (11. táblázat).

### Összefoglalás és következtetések

Földművelésünk korábbi rendszereit vizsgálva arra a megállapításra juthatunk, hogy a talajtermékenység fenntartása, illetve a főbb tápelemek visszapótlása szempontjából, a gazdálkodás módja az istállótrágyán keresztül K bőséget eredményezett a szántókon. A földművelés egészét tekintve ugyan fennállt a rablógazdálkodás, a talajok K-készletének fokozatos elszegényedése (rét és legelőt is beleértve), azonban mindez hosszú időn keresztül nem veszélyeztette a talaj effektív termékenységét. Ez utóbbihoz járult hozzá az a körülmény, hogy legtöbb hazai talajunkon a K-készlet egy nagyságrenddel nagyobb a P-készletnél, elvileg sok száz éven át forrásul szolgálhat a növényeknek, valamint a gabonagazdálkodásra alapozott árutermelésben csak a szem került el az üzemből, a K-ban gazdag melléktermékek istállótrágyán keresztül vagy közvetlenül visszakerültek a talajba és így a K nem került ki az üzem körforgásából.

Az említett okok miatt még a múlt század második felében kialakult az a szemlélet hazánkban, hogy extrém talajoktól és speciális növényektől eltekintve, külön K-trágyázásra nem kell törekednünk, illetve általában a nem teljes visszapótlással megelégedhetünk, rablógazdálkodást folytathatunk. Ez a szemlélet bizonyos módosulással napjainkig hatott.

Az országos K-mérlegben az 1970-es évek közepére alapvető változások következtek be hazánkban, a K-műtrágyák felhasználása elérte a N-műtrágyázás színvonalát és alapvetően ebből adódóan K-mérlegünk pozitívvá vált. Becsléseink szerint ma már évente mintegy 40–50 kg/ha  $K_2O$  mennyiségével gyarapodik talajaink K-tartalma, amely feltehetően 50–70%-kal meghaladja a termésekkel felvett K-mennyiségét. A jelenkori mezőgazdasági gyarkolat megnövekedett K-igénye ma már mindenben igazolja azon nézeteinket, melyeket e tápelemnek a földművelésünkben és a talajaink termékenységében játszott szerepéről eddig vallottunk.

A példaként bemutatott szabadföldi tartamkísérletünk eredményei szerint a teljes K visszapótlásra való törekvés indokoltnak látszik még e nagy K-készlettel (2% körüli összes K-tartalommal) rendelkező vályogos csernozjom talajon is, több év átlagában. Földművelésünkre jellemző növénytermesztő túlsúly, szántóművelésünkben érvényesülő monokultúras jelleg az alacsony szintű istállótrágya-gazdálkodással párosulva a K-műtrágyák iránti igényt

növelő tényezők. Monokultúrában nagyobbak a termésingadozások, gyakrabban lépnek fel betegségek. Éppen ebből adódóan, különösen a nagyobb mérvű N-műtrágyázás és talajaink javuló P-ellátottsága (országosan 2–2,5-szeresét pótoljuk vissza a termésekkel felvett P-nek) következtében még a nem K-igényesnek tartott kalászosok is meghálálhatják a K-trágyázást, nagyobb betegséggellenállóság terméstöbblettel járhat együtt. Nem lehet célunk a jövőben, hogy e talajok K-készlete csökkenjen, gondoskodnunk kell a K-ellátottság fenntartásáról, teljes visszapótlással, sőt a talajgazdagító K-trágyázás is indokoltnak látszik országosan és a K-mal gyengébben ellátott csernozjomon, amennyiben a K-műtrágya érvényesülését lényegesen nem csökkenti és együtt jár a „hasznos” luxusfelvétellel, egészségesebb növényvel, nagyobb terméssel és jobb minőséggel, gazdaságilag is kifizetődik. Korábbi szemléletünk, melyet a K mérsékeltebb szerepéről vallottunk, részben revideálandó, mert a hozzá való ragaszkodás a megváltozott körülmények (földművelési rendszerek) között maga válhat termékenységet gátló tényezővé földművelésünkben.

### Irodalom

- [1] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena. 1976.
- [2] CSERHÁTI, S. & KOSUTÁNY, T.: A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egy. Könyvkiadó. Budapest. 1887.
- [3] ELEK, É., BÁRTFAY, T.-NÉ & KÁDÁR, I.: Correlation Between Fertilizer Application and Winter Wheat Crop Quality. VIII<sup>th</sup> Int. Fert. Cong. Sec. 5. 11. 136–143. Moscow. 1976.
- [4] GAMAL-EL-DIN, H., KÁDÁR, I. & GULYÁS, F.: Data on the Effect of Increasing Mineral Fertilizer Doses and Combinations on Cellulotic Activity of Soil. In.: Soil Biology and Conservation of the Biosphere. 229–232. Ed.: J. SZEGI. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1976.
- [5] KÁDÁR, I.: A talaj termékenysége és tápanyagellátottsága közötti összefüggések. Kand. Disszertáció. MTA TAKI. Budapest. 1978.
- [6] KÁDÁR, I.: Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 28. 527–544. 1979.
- [7] KÁDÁR, I. & ELEK, É.: Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 71–81. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [8] KÁDÁR, I. & LÁSZTITY, B.: A feltöltő foszfor- és kálium-műtrágyázás lehetőségeinek vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan. 28. 123–142. 1979.
- [9] KÁDÁR, I. & ZILAHY, P.: A műtrágyázás és a növényi betegséggellenállóság néhány problémája. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 227–234. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [10] KÁDÁR, I. et al.: Vlijanie vozrastajuscih doz mineral'nuh udobrenij na pocsvu i rasztenija V<sup>th</sup> Cong. Jug. Soc. Soil Sci. 409–416. Sarajevo. 1976.
- [11] LIEBIG, J.: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Neunte Auflage. Braunschweig. 1876.
- [12] PRJANISNIKOV, D. N.: Azot v zemledelii SzSzsZR. 1945. In.: Populjarnaja Agrohimiija. Izd. „Nauka”. Moszkva. 1965.
- [13] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1975.
- [14] Szerves és műtrágyák korszerű alkalmazása a szocialista nagyüzemekben. Ankét. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 22. 408–476. 1963.
- [15] UNGER, H.: Der Zellulosetest eine Methode zur Ermittlung der zellulolytischen Aktivität des Bodens in Feldversuchen. Z. PflEnernähr. Düng. Bodenkd. 91. 44–52. 1960.

*Érkezett: 1980. szeptember 3.*

## Significance of Potassium in Our Agriculture and in the Fertility of a Chernozem Soil

I. KÁDÁR

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

### Summary

Studying the earlier used agricultural farming systems we can see that they yielded a K-richness on the land by the use of manure, which maintained by complement of the main nutrients the fertility of the soil. Looking at agriculture as a whole there existed ruthless exploitation, a gradual impoverishment of the K-supply of the soils (meadows and pastures included), but the effective fertility of the soil was not endangered for a long period.

On account of the mentioned cause there developed during the second half of the previous century the view that K-fertilization need not be applied — except in case of extreme soils and special plants — and we may dispense with a not full return of K and may continue its exploitation. This aspect has been effective with slight modifications until now.

In the K-balance of Hungary there ensued fundamental changes all over the country in the middle of the 70-ies. The employment of K-fertilizer reached the level of that of the N-fertilizers, and in consequence of this the K-balance became positive. According to our estimations the K-content of the Hungarian soils increases by 40—50 kg/ha  $K_2O$  yearly, which amount surpasses the taken-up K-quantity approximatively by 50—70%.

On the basis of the results got by a long-term field experiment — demonstrated as an example — a soil enriching K-fertilization pays even on calcareous chernozem soils with a high K-supply. An increase of the available K-content of chernozem-soils with cca 2% total K-content goes together with the increase of yield results in the case of cereals and hoed plants, with the diminution of diseases and with an amelioration of the qualitative indices (e.g. starch-content of potato). The K-fertilization nearly doubled the quantity of K taken up by the plants, especially on the plots better supplied with P.

In accordance with the evidence of other field experiments it seems to be reasonable to make efforts to return the K-quantity taken up by the plants, and even to enrich all soils of the country, but especially those chernozem soils which are poorly or moderately supplied with K.

*Table 1.*  $K_2O$ -balance of Hungary from 1900 until nowadays (agricultural area, kg/ha). (1) Headings of the balance: a) taken up by the yield; b) supplied by manure, fertilizer, by-products and total; c) balance (saldo); d) intensity of the saldo, % (quotient which shows how many per cents of the taken up K had been returned by fertilization). Data of the years 1932—36 correspond with those of 1900—1950. Data of the year 1975 correspond to the period of 1975—80.

*Table 2.* Applied quantities of nutrients. kg/ha. (1) Nutrients: N yearly, the others in 1973. (2) Nutrient level.

*Table 3.* Changes of the available P- and K-content of the upper layer of the calcareous chernozem soil at Nagyhörösök (further data origin also from the same experiment and soil type). (1) Investigations: EUF = determined by electroultrafiltration. (2) P- and K-levels.

*Table 4.* Effect of the K-fertilization on the yield, in the function of the P-supply of the soil, t/ha. (1) P-levels. (2) Average. A) Grain, winter wheat, (Kavkaz), 1974 and 1975. B) Grain, maize (MV-SC-380) 1976 and 1977. C) Tuber, potatoes (Desire), 1978.

*Table 5.* Effect of K-fertilization on the resistance of plants in function of the P-supply of the soil (given in % of all plants). (1) P-levels. (2) Average. A) Mildew, winter wheat (Kavkaz), 1975. B) Break of stalks, maize (MV-SC-380), 1976. C) Leaf-blight, potatoes (Desire), 1978.

*Table 6.* Effect of K-fertilization on the plant at maize-snapping (MV-SC-380), 1976. (1) and (2) see Table 5. A) Dry matter content, %; B) Number of plants on 24.5 m<sup>2</sup>. C) Weight of thousand grains, g.

*Table 7.* Effect of K-fertilization on the potato-plant (Desire), 1978. (1) N and P-levels. (2) Average. A) Mean weight of tubers, g/piece. B) Starch content, %. C) Starch yield, kg/ha. D) Condition of leaves (1 = totally dried; 5 = totally green).

*Table 8.* Effect of K-fertilization on the K/P-proportion of the maize and potato plants. (1) P-levels. (2) Average. A) Meize in the age of 6 leaves, 1976. B) Maize leaves at

the beginning of blossoming, 1977; C) Maize stalks, 1977; B) Potato leaves at the end of blossoming, 1978.

*Table 9.* Effect of K-fertilization on the chemical composition of the plants. (1) Nutrients. (2) Average. A) Winter wheat at the end of shooting, 1974. B) Maize in the age of 6 leaves, 1976; C) Potato leaves at the beginning of blossoming, 1978.

*Table 10.* Effect of K-fertilization on the cellulose decomposition activity of the soil (given in the quantity of decomposed cellulose, %). (1) P-levels. (2) Average. A) Under winter wheat, 1975. B) Under maize, 1976.

*Table 11.* Effect of K-fertilization on the K-uptake of the plants and on the utilization of the fertilizers. A)  $K_2O$  kg/ha given in the autumn 1973; B)  $K_2O$  kg/ha taken up in the x years 1974—78; C) Utilization in % of the given quantity; D)  $K_2O$  kg/ha extracted surplus in the years 1974—78. E) Utilization calculated by the difference method, %.

## Bedeutung des Kaliums in der ungarischen Landwirtschaft und in der Fruchtbarkeit eines Tschernozembodens

I. KÁDÁR

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

### Zusammenfassung

Bei Untersuchung der früher angewendeten Bewirtschaftungssysteme können wir feststellen, dass diese durch die Verwendung von Stallmist, vom Standpunkt der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, bzw. der Ergänzung der Hauptnährstoffe aus, auf den Äckern einen K-Reichtum ergeben haben. Die gesamte Landwirtschaft (die Wiesen und Weiden miteinbezogen) in Betracht genommen können wir zwar von einer Raubwirtschaft, von der fortwährenden Abnahme der K-Vorräte der Böden reden, dies bedrohte aber während einer geraumen Zeitspanne die effektive Fruchtbarkeit der Böden nicht.

Aus vorgenannten Gründen hat sich in der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts jene Anschauung entwickelt, dass — von Böden mit extremen Eigenschaften und von speziellen Pflanzen abgesehen — eine K-Düngung nicht angestrebt werden muss, bzw. dass man sich im allgemeinen mit einer nicht vollkommenen Ersetzung der Nährstoffe begnügen und die Raubwirtschaft fortsetzen kann. Diese Anschauung hat mit gewissen Abänderungen bis heute bestanden.

In der K-Bilanz von Ungarn erfolgten um die Mitte der 70-er Jahre grundlegende Änderungen, die Verwendung des K-Düngers erreichte das Niveau des N-Düngers, demzufolge die K-Bilanz positiv geworden ist. Heute nimmt der K-Gehalt der Böden jährlich schätzungsweise um etwa 40—50 kg  $K_2O$ /ha zu, wodurch die durch den Ertrag entzogene K-Menge vermutlich um 50—70% überschritten wird.

Aufgrund der 5-jährigen Resultate unseres, als Beispiel angeführten Dauerdüngungsversuches, macht sich die bodenbereichernde K-Düngung sogar auf den über grosse K-Reserven verfügenden Tschernozemböden mit Kalkhüllen bezahlt. Die Erhöhung des aufnehmbaren K-Gehaltes der ungefähr 2% Gesamt-K enthaltenden Tschernozemböden ging Hand in Hand mit der Zunahme des Ertrages bei Halm- und Hackfrüchten, mit einer Verminderung des Krankheitsbefalls und mit einer Verbesserung der Qualität (z.B. Stärkegehalt bei der Kartoffel). Die K-Düngung hat die K-Aufnahme der Pflanzen auf das nahezu Doppelte erhöht, besonders auf den mit P besser versorgten Parzellen.

In Übereinstimmung mit den Erfahrungen unserer anderen Feldversuche scheint das Bestreben zur vollkommenen Ersetzung der aufgenommenen K-Menge, ja sogar die bodenbereichernde K-Düngung sowohl im ganzen Land, als auch auf den mit aufnehmbaren K schwach oder mittelmässig versorgten Tschernozemböden begründet zu sein.

*Tab. 1.*  $K_2O$ -Bilanz von Ungarn von der Jahrhundertwende bis zur Gegenwart (landwirtschaftlich genutzte Fläche, kg/ha). (1) Bilanzposten: a) durch den Ertrag aufgenommen; b) Ersetzt durch Stallmist, Dünger, Nebenprodukte und insgesamt; c) Saldo; d) Intensität des Saldos, % (Quotient, der angibt, wieviel Prozent des durch den Ertrag entzogenen Kaliums durch Düngung ersetzt wurde). Die Angaben der Jahre 1932—36 gelten für die Jahre 1900—1950. Die Angaben des Jahres 1975 gelten für die Zeitperiode 1975—80.

*Tab. 2.* Die im Versuch angewendeten Nährstoffmengen, kg/ha. (1) Nährstoffe: N jährlich, die anderen im Jahr 1973. (2) Nährstoffstufen.



*Tab. 3.* Änderungen des aufnehmbaren P und K-Gehaltes der Ackerkrume des Tschernosembodens mit Kalkhüllen von Nagyhörsök (die nachfolgenden Daten stammen auch von demselben Standort und Bodentyp). (1) Untersuchungen: EUF = bestimmt durch Elektroultrafiltration. (2) P und K-Stufen.

*Tab. 4.* Einfluss der K-Düngung auf den Ertrag in Funktion des P-Versorgungsgrades des Bodens, t/ha. (1) P-Stufen. (2) Mittelwert. A) Kornertrag von Winterweizen (Kavkaz), in den Jahren 1974 und 1975. B) Kornertrag von Mais (MV-SC-380) in den Jahren 1976 und 1977. C) Knollenertrag von Kartoffeln (Desiré) im Jahre 1978.

*Tab. 5.* Einfluss der K-Düngung auf die Resistenz der Pflanzen in Funktion des P-Versorgungsgrades des Bodens. (Im % aller Pflanzen angeführt.) (1) P-Stufen. (2) Mittelwert. A) Mehltau, Winterweizen (Kavkaz), 1975. B) Stengelbruch, Mais (MV-SC-380), 1976. C) Blattfleckenkrankheit, Kartoffeln (Desiré), 1978.

*Tab. 6.* Einfluss der K-Düngung auf die Maispflanzen zur Zeit der Ernte (MV-SC-380), 1976. (1) und (2) s. Tab. 5. A) Trockensubstanzgehalt, %. B) Anzahl der Pflanzen, pro 24,5 m<sup>2</sup>. C) Tausendkorngewicht, g.

*Tab. 7.* Einfluss der K-Düngung auf die Kartoffelpflanzen (Desiré), 1978. (1) N- und P-Stufen. (2) Mittelwert. A) Durchschnittliches Gewicht der Knollen, g/Stück. B) Stärkegehalt, %. C) Stärkeertrag, kg/ha. D) Zustand des Laubes (1 = vollkommen vertrocknet; 5 = vollkommen grün).

*Tab. 8.* Einfluss der K-Düngung auf das K/P-Verhältnis der Mais- und Kartoffelpflanzen. (1) P-Stufen. (2) Mittelwert. A) Mais im 6-blättrigen Alter, 1976; B) Maisblätter am Anfang der Blüte, 1977; C) Maisstengel, 1977; D) Kartoffelblätter am Ende der Blüte, 1978.

*Tab. 9.* Einfluss der K-Düngung auf die chemische Zusammensetzung der Pflanzen. (1) Nährstoffe. (2) Mittelwert. A) Winterweizen am Ende der Bestockung, 1974. B) Mais im 6-blättrigen Alter, 1976. C) Kartoffelblätter zu Beginn der Blüte, 1978.

*Tab. 10.* Einfluss der K-Düngung auf die Zelluloseabbau-Aktivität des Bodens (die Menge der abgebauten Zellulose ist in Prozenten angeführt). (1) P-Stufen. (2) Mittelwert. A) Unter Winterweizen, 1975; B) Unter Mais, 1976.

*Tab. 11.* Einfluss der K-Düngung auf die K-Aufnahme der Pflanzen und die Verwertung der Mineraldünger. A) K<sub>2</sub>O kg/ha als Dünger im Herbst 1973 zugeführt; B) K<sub>2</sub>O kg/ha entzogen in den Jahren 1974—78 insgesamt; C) Verwertung des Düngers in Prozenten des zugeführten Düngers; D) K<sub>2</sub>O kg/ha Mehrentzug in den Jahren 1974—78. E) Verwertung, berechnet mit Hilfe der Differenz-Methode, %.

## Значение калия в венгерском земледелии и в плодородии черноземных почв

И. КАДАР

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

### Резюме

Изучая ранние системы земледелия, можно сделать вывод, что благодаря регулярному внесению навоза в целях сохранения почвенного плодородия и возмещения питательных веществ, в пахотных землях значительно увеличились запасы калия. Хотя в общем для систем земледелия характерным было хищническое хозяйство, постепенное обеднение калием наших земель (включая луга и пастбища) в течение длительного времени не угрожало снижением эффективному почвенному плодородию.

По указанным причинам в нашей стране, еще во второй половине прошлого столетия, сложилось мнение, что за исключением экстремных почв и специальных культур не стоит отдельно заниматься вопросом внесения калийных удобрений или можно удовлетвориться только частичным возмещением этого элемента. Эта установка с некоторыми изменениями оказывала влияние и до наших дней.

В середине 1970-х годов произошли значительные изменения в общем балансе калия, использование калийных минеральных удобрений поднялось до уровня использования азотных минеральных удобрений, что привело к положительному балансу. По нашей оценке, почвы обогащаются ежегодно на 40—50 кг/га K<sub>2</sub>O, что на 50—70% превышает количество калия, выносимого урожаем.

Пятилетние результаты полевого многолетнего опыта, приведенные в качестве примера, показывают, что внесение калийных минеральных удобрений оказалось рентабельным даже на мицелярном черноземе. Увеличение содержания усвояемого калия в чернозе-

ме, с общим содержанием калия около 2%, сопровождалось повышением урожаев колосовых и пропашных культур, их устойчивости к болезням и улучшением качественных показателей (например, содержание крахмала в картофеле). Внесение калийных минеральных удобрений примерно в два раза увеличило усвоение растениями калия, особенно на делянках лучше обеспеченных фосфором.

В согласии с результатами других полевых опытов, кажется обоснованным стремление к полному возврату калия, более того, к его избыточному внесению как на почвах в среднем по всей страны, так и на черноземах, слабо или средне обеспеченных легкоусвояемым калием.

*Табл. 1.* Формирование баланса калия в Венгрии с начала столетия до наших дней (сельскохозяйственные территории, кг/га). (1) Составные части баланса: а) Калий вынесенный урожаем. (Возмещенный: при внесении навоза, минеральных удобрений, побочных продуктов и всего. с) Сальдо. d) Интенсивность сальдо, % (соотношение показывающее, какой процент калия вынесенного урожаем возместили внесением удобрений). Данные 1932—36 гг соответствуют данным полустолетия с 1900 по 1950 гг. 1975 соответствует времени с 1975—1980 г.

*Табл. 2.* Количество питательных веществ использованных в опыте, кг/га. (1) Питательные вещества: азот ежегодно, другие в 1973 году. (2) Уровень внесения питательных веществ.

*Табл. 3.* Изменение содержания легкорастворимых фосфора и калия в пахотном горизонте мицелярного чернозема, Надхёрчэк (все другие показатели также относятся к этой почве). (1) Анализы: ЭУФ = измерено методом электроультрофильтрации. (2) Уровни Р и К.

*Табл. 4.* Влияние калийных минеральных удобрений на урожай растений в зависимости от обеспеченности почвы фосфором, т/га. (1) Уровни Р. (2) Среднее. А) Зерно озимой пшеницы (*Кавказ*), 1974 и 1975. В) Зерно кукурузы (*Мв—ШЦ-380*) 1976 и 1977. С) Картофель (*Дезире*), 1978.

*Табл. 5.* Влияние калийных минеральных удобрений на устойчивость растений к заболеваниям в зависимости от обеспеченности почвы фосфором. (Выражено в % от общего количества растений). (1) Уровни Р. (2) Среднее. А) Мучнистая роса, озимая пшеница (*Кавказ*), 1975. В) Ломкость стеблей, кукуруза (*Мв—ШЦ-380*), 1976. С) Вирусная пятнистость листьев, картофель (*Дезире*), 1978.

*Табл. 6.* Влияние калийных минеральных удобрений на кукурузу во время уборки (*Мв—ШЦ-380*), 1976. (1) и (2) смотри в таблице 5. А) Содержание сухого вещества, %. В) Количество стеблей шт/24,5 м<sup>2</sup>. С) Вес тысячи зерен, г.

*Табл. 7.* Влияние калийных минеральных удобрений на картофель (*Дезире*), 1978. (1) Уровни азота и фосфора. (2) Среднее А) Средний вес клубней, г/шт. В) Содержание крахмала в %. С) Выход крахмала, кг/га. D) Внешний вид листьев (I = полностью сухие, 5 = полностью зеленые).

*Табл. 8.* Влияние калийных минеральных удобрений на соотношение К/Р в кукурузе и картофеле. (1) Уровни Р. (2) Среднее. А) Кукуруза в возрасте 6-ти листьев, 1976. В) Лист кукурузы в начале цветения, 1977. С) Стебель кукурузы, 1977. D) Листья картофеля в конце цветения, 1978.

*Табл. 9.* Влияние калийных минеральных удобрений на химический состав растений. (1) Питательные вещества. (2) Среднее. А) Озимая пшеница в конце кущения, 1974. В) Кукуруза в возрасте 6-ти листьев, 1976. С) Картофельный лист в начале цветения, 1978.

*Табл. 10.* Влияние калийных минеральных удобрений на целлюлозоразрушающую активность (дается в процентах разрушенной целлюлозы). (1) Уровни Р. (2) Среднее. А) Под озимой пшеницей, 1975. В) Под кукурузой, 1976.

*Табл. 11.* Влияние калийных минеральных удобрений на усвоение растениями калия и на эффективность минеральных удобрений. А) Внесенный К<sub>2</sub>О кг/га 1973., осенью. В) Вынесенный К<sub>2</sub>О в кг/га в общем за 1974—1978 гг. С) Усвоение в % от внесенного калия. D) Вынесенная прибавка К<sub>2</sub>О кг/га за 1974—1978 гг. E) Усвоение, установлено по методу разниц, %.