

## A feltöltő foszfor és kálium műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon

KADÁR IMRE és LÁSZTITY BORIVÓJ

*MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest*

Mezőgazdasági termelésünk egyre inkább iparszerűvé válik. A nagy teljesítményű gépek és eszközök lehetővé teszik, hogy az egyes agrotechnikai műveleteket optimális időben, mennyiségben és minőségben végezzük el. A természintek azonban a talaj tápanyagellátottságának is függvényei, melynek optimalizálása az agrokémia feladata. Az iparszerű termelési rendszerek terjedésével jelentkezik az igény, hogy a gyenge termékenyséű — tápanyagokkal rosszul ellátott — talajokat mielőbb jól ellátottá tegyünk. Gyakran még ma is előfordulnak ugyanis talajok, táblák, melyek tápanyagszintje a század elejei átlagszínvonalon áll.

Vajon lehet-e talajokat egyszerű művelettel, melioratív adagokkal termékenyvé tenni, vagy pedig ehhez hosszú évekre van szükség? Mennyi műtrágya szükséges ahhoz, hogy adott talaj tápanyagszintjét a „rosszul ellátott” tartományból a „jól ellátott”-ba emeljük? Mely agrokémiai tényezők szabják meg a feltöltő-melioratív trágyázás hatékonyságát, alkalmazhatóságának feltételeit? Ilyen és hasonló kérdésekre kívántunk munkánkban választ kapni, tekintettel arra, hogy szántóföldi viszonyok között hazánkban kísérletileg nem vagy alig vizsgált problémákról van szó.

A nagyobb adagú, a talaj tápanyagszintjének gyors emelését célzó műtrágyázási módszerek vizsgálata nem újkeletű. Az első kísérletek a század elején indultak, amelyekben a foszfor és részben a kálium talajban történő megkötődését vizsgálták. Az ötvenes évek közepétől intenzívebbé vált ez a kísérleti munka számos európai országban. Az újabb közlemények mind nagyobb számban hangsúlyozzák, hogy a talaj PK-ellátottságának emeléséhez a talajgazdagító műtrágyázást csak kimondottan nagy, a termés által kivont tápanyagok mennyiségét jelentősen meghaladó adagokkal célszerű végezni.

A „nagyobb adag” fogalma azonban szerzőnként változik. Így pl. GERICKE és BÄRMANN [8] 120–180, ŠESTIĆ és DERKAČEV [21] 180–270, KAMPRATH [10] 340–680, GERICKE és BÄRMANN [9] 600–900 kg  $P_2O_5$ /ha maximális adagú kezelésekkel dolgozik szabadföldi kísérletekben, melyekben jelentős többévi utóhatásokról számolnak be a legkülönbözőbb talajokon. Így pl. SCHMITT és BRAUER [20] egy 12 éves P-műtrágyázási tartamkísérlet eredménye alapján megállapítja, hogy P-szegény talajon nagy adaggal feltöltő

trágyázást célszerű végezni, mert különben 10–12 év alatt sem érhetjük el a maximális terméseket. A gyakorlatnak 3–4 év alatt javasolja a feltöltő trágyázás elvégzését, majd a jól ellátott talajon a termés által kivont P mennyiségét 20–40%-kal meghaladó adagokkal fenntartani, illetve a továbbiakban fenntartó trágyázást folytatni.

Korábbi, csernozjom talajon végzett tartankísérleteinkben megállapítottuk, hogy az említett talaj közepesen ellátottnak tekinthető P-ra, ha az  $Al-P_2O_5$  mg% 10–15, az Olsen- $P_2O_5$  mg% 2–4 közötti tartományban található. Alatta gyenge, felette pedig kielégítő ellátottság valószínű. A növényelemzés adataival jellemezve ez a közepes ellátottsági tartomány 0,25–0,35 P% tartalomhoz kötődött a bokrosodás végi őszi búzában (KÁDÁR [12]).

A feltöltő P-trágyázással kapcsolatos kísérleti munkát szintén csernozjom talajon kezdtük el 240, 480, 960 kg  $P_2O_5$ /ha adagokkal. Amint az őszi búza terméstöbbletei igazolták egy igen rosszul ellátott – 10 év óta foszforral nem trágyázott – talajon még a közel ezer kg  $P_2O_5$ /ha hatóanyag alkalmazása is indokolt lehet, két év alatt 50 q/ha szemterméstöbbletet eredményezett. A talaj javuló P-ellátottságával a feltöltő adagok hatékonysága csökkent, a közepes ellátottságon a 40–120 kg  $P_2O_5$ /ha „normál” adagokkal szemben terméstöbbletet már nem eredményezett (KÁDÁR [11]).

E megelőző tapasztalatok alapján 1973–1976 között az ország 4 különböző helyén, tipikus hazai talajokon olyan műtrágyázási kísérleteket állítottunk be, ahol a talaj eltérő PK-szintjeit feltöltő trágyázással – 0, 500, 1000, esetenként 1500 kg/ha  $P_2O_5$ , illetve  $K_2O$  adagokkal – alakítottunk ki. Ilyen módon egy év alatt a talajban olyan tápanyagszintet sikerült egy kísérleten belül létrehozni, amelyek a nagyüzemek gyakorlatában is megtalálhatók. Az említett kísérletek részeredményeiről már több helyen beszámoltunk (KÁDÁR et al. [14], ELEK és KÁDÁR [5], LÁSZTITY et al. [17], LÁSZTITY [15], LÁSZTITY és KÁDÁR [16] stb.). Ezután megkíséreltük a különböző kísérleti helyeket összevontan értékelni, illetve a feltöltő trágyázás hatékonyságát a kísérleti helyek függvényében áttekinteni és értelmezni.

### Szabadföldi kísérletek ismertetése

Amint az 1. táblázat adataiból kitűnik a kísérleti helyek között egyaránt képviselve vannak kötött és laza, humuszos és humuszegény, meszes és savanyú talajok. E táblázatban a kötöttség szerint rangsorolva mutatjuk be a főbb agrokémiai jellemzőket. Látható, hogy a leiszapolható rész csökkenésével párhuzamosan csökken a kötöttségi szám, az AL-módszerrel meghatározott K-tartalom, valamint a hy-érték a talajban. Többé-kevésbé követi e tendenciákat a humusztartalom is.

A termékenységet befolyásoló főbb talajtulajdonságok – kötöttség, humusztartalom, reakcióállapot – mellett eltérő e talajok P- és K-ellátottsága is. A műtrágyahatásokat elsősorban, mint ismeretes, a talajok tápanyagellátottsága határozza meg anennyiben egyéb tényezők nem limitálók. A talajvizsgálati adatok értelmezéséhez (AL–P, K) a 2. táblázatban bemutatjuk a hazánkban elfogadott határértékeket, amelyeket az egyes talajtípusokra finomítva SARKADI [19] adott meg. Az adatok összevetéséből arra következtethetünk, hogy a P-ellátottság általában „kevés”, bár Kompolt és Órbottyán (A) talaja közeledik a „gyenge közepes”-hez. A K-ellátottság a kötöttebb kísérleti helyeken közepes, míg Órbottyán homoktalaján kevés.

1. táblázat

A kísérleti helyek talajainak főbb agrokémiai jellemzői a szántott rétegben

(1) Talajvizsgálati jellemzők	(2) Csernozjom jellegű barna erdőtalaj (Kompolt)	(3) Mészlepedékes csernozjom (Nagyhőreség)	(4) Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Szilvásvárard)	(5) Meszes humuszos homok (Órbottyán(A))	(6) Meszes gyengén humuszos homok (Órbottyán(B))
a) 0,02 mm alatti frakció % -a	55	40	35	10–15	10–15
b) A <sub>k</sub> kötöttség	45	36	35	28	27
c) h <sub>y</sub>	3,8	2,7	2,2	0,7	0,6
Al – K <sub>2</sub> O mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	22,4	13,6	13,5	6,2	7,2
d) K-ellátottság	jó-közepes	gyenge-közepes	gyenge-közepes	kevés	kevés
e) Humusz %	2,8	3,3	1,6	1,2	0,9
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	5,8	7,7	6,7	7,1	7,5
pH <sub>KCl</sub>	4,9	7,2	5,8	7,0	7,2
CaCO <sub>3</sub> %	—	4,8	—	1,0	4,0
f) y <sub>1</sub>	12,9	—	5,9	—	—
AL P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,2	6,2	3,0	10,0	8,4
g) P-ellátottság	kevés	kevés	kevés	kevés	kevés
Olsen-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	4,1	1,2	1,6	3,7	1,7
g) P-ellátottság	jó-közepes	kevés	kevés	jó-közepes	kevés

Az egyes kísérleti helyek P-ellátottságának megítélése a NaHCO<sub>3</sub> oldószeren alapuló Olsen-módszer szerint ettől kissé eltérő. Kompolt és Órbottyán (A) – jó vagy jó-közepes ellátottságot mutat, míg a többi kísérleti hely változatlanul rosszul ellátottnak tűnik. Eddigi hazai megfigyeléseink szerint a talaj 4 mg<sup>0</sup>/<sub>0</sub> feletti NaHCO<sub>3</sub>-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmánál a P-műtrágyák hatása már bizonytalanáná válik mind meszes, mind savanyú talajokon.

A csapadékviszonyok évenként és kísérleti helyenként eltérők voltak, a lehullott évi csapadék mennyisége 500–800 mm között váltakozott. Míg Nagyhőresők a szárazabb és melegebb, napfényes kontinentális alföldi jelleget képviseli, Szilvásvárard a nedvesebb és hűvösebb Északi-középhegység klíma-

2. táblázat

A talajok PK-ellátottságának megítélése az AL-oldható PK-tartalom alapján a főbb talajtulajdonságok függvényében SARKADI [19] nyomán

(1) AL PK a szántott rétegben	AL–P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg %			AL–K <sub>2</sub> O mg %		
	A	B	C	(2) Homok	(3) Vályog	(4) Agyag
I. Igen kevés	< 2	< 3	< 5	< 5	< 7	< 10
II. Kevés	3–5	4–7	6–10	6–10	8–12	11–16
III. Gyenge-közepes	6–8	8–12	11–16	11–15	13–18	17–23
IV. Jó-közepes	9–12	13–18	17–25	16–20	19–24	24–29
V. Sok	13–18	19–25	26–35	21–25	25–30	30–35
VI. Igen sok	> 19	> 26	> 35	> 25	> 30	> 35

A = Kilúgzott csernozjomok, savanyú erdő, réti és egyéb agyagos talajok  
 B = Mészlepedékes és telített csernozjomok, egyéb telített vályogtalajok  
 C = Meszes dunaöntés és egyéb karbonátos laza talajok

viszonyait tükrözi. Kompolt és Órbottyán az átmeneteket jelentik e két éghajlati típus között. Az egyes kísérleti helyeken a műtrágyázási kezelések részben eltértek egymástól, ezért itt csak azon kezeléseket emeljük ki, melyek minden kísérleti helyen azonosak voltak.

Műtrágyaként 18%-os szuperfoszfátot, 40%-os kálisót és 25%-os péthisót alkalmaztunk. A PK-műtrágyákat ősszel szántás előtt, a N-műtrágyákat megosztva ősszel és tavasszal fejtrágyaként juttattuk a talajba. A N-alaptrágya mennyisége átlagosan 100–300 között váltakozott az elővetemény, illetve a talaj N-ellátottsága függvényében. Kísérleti növényül őszi búzát, őszi és tavaszi árpát, valamint kukoricát vetettünk a hazai köztermesztésben használt fajták felhasználásával.

### Talajvizsgálati eredmények

A melioratív P-műtrágyázás valamennyi vizsgált talajon egy év alatt döntően megváltoztatta az ellátottsági viszonyokat. Kompolt és Szilvássárad savanyú talaja már az 500 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adaggal a jó-közepes ellátottsági tartományba emelkedik, míg az 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha feltöltés a 2. táblázat határértékei szerint az V. ellátottsági kategória „sok” tartományát eredményezi. A meszes talajok P-ellátottsága hasonlóképpen átlagosan minden 500 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adaggal egy-egy ellátottsági tartománnyal emelkedik (3. táblázat).

3. táblázat

A feltöltő PK-műtrágyázás hatása a talajok AL—PK tartalmára az öt kísérleti helyen

(1) Kezelés, kg/ha		Kompolt		Nagyhőresök		Szilvássárad	Órbottyán (A)		Órbottyán (B)	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	1975	1976	1974	1976	1976	1976	1977	1975	1977
AL—P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg%										
0	0	5,4	4,9	5,8	6,5	3,0	10,0	10,0	9,2	7,7
500	500	11,7	8,6	19,0	12,3	9,6	16,0	16,6	21,9	14,0
1000	1000	19,8	18,2	36,1	19,0	17,1	20,3	19,0	24,4	19,1
SzD <sub>5</sub> %		5,8	6,0	4,9	2,2	2,3	4,4	4,8	9,2	7,6
AL—K <sub>2</sub> O mg %										
0	0	22,2	22,7	12,8	14,3	13,5	5,6	6,9	7,3	7,2
500	500	26,6	24,0	19,2	17,8	17,8	9,0	10,7	11,2	9,7
1000	1000	31,3	30,0	28,5	21,2	22,6	12,4	10,9	13,5	12,6
SzD <sub>5</sub> %		2,7	4,2	1,9	1,4	2,9	0,8	1,6	1,9	2,4

A talajba kerülő műtrágya-P a talaj szilárd fázisával kölcsönhatásba lép, kolloidjain megkötődik. Ez a folyamat talajkémiai oldalról meglehetősen tisztázott és leírt az irodalomban. A meszes talajokon, mint ismeretes, elsősorban a gyengén kötött P és a különböző oldhatóságú kalciumfoszfát frakció kerül előtérbe, míg a savanyú talajokon az alumíniumfoszfát és vasfoszfát forma. Ilyen irányú vizsgálatok a közelmúltban hazai talajokon is igazolták és megerősítették korábbi ismereteinket (FÜLEKY [6], FÜLEKY és KÁDÁR [7] stb.).

A fenti megfontolások alapján a műtrágya-P talajban történő degradációja szempontjából a talaj kolloidviszonyait, kötöttségét és főként reakció-

állapotát hangsúlyozzák. A P lekötődése ugyanakkor időben lejátszódó folyamat, ezért csak tartamhatásban vizsgálható. A feltöltés elmélet is azon a tapasztalaton alapul, hogy a talajba juttatott műtrágya-P növeli a talaj könnyen oldható P-készletét és az így kialakult állapot huzamosabb ideig fenntartható. Így pl. PECK et al. [18] szerint a talaj P-feltöltése egyenesen arányos az alkalmazott műtrágya P-mennyiségével.

SHELTON és COLEMAN [22] megállapítja, hogy a feltöltéssel létrejött állapotból csak hosszabb idő – néhány év, évtized – múlva alakul ki az egyensúlyi állapot, tehát a könnyebben oldható P formák tartósan létezhetnek.

Kísérleteinkben megállapítható, hogy a műtrágyázást követő 1–3. években mind a meszes, mind a savanyú talajok átlagában megközelítően 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha műtrágya P-ra volt szükség, hogy a talajok AL–P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmát 1 mg%-kal emelhessük. A talaj szántott rétegét alapul véve és 3–4 millió kg/ha átlagértékkel számolva, elméletileg 30–40 kg P/ha adag eredményezne 1 mg% P feltöltődést. A műtrágya P-tartalmának tehát közelítően fele volt kimutatható AL-oldható formában, míg a másik fele más, e módszerrel ki nem mutatható frakciókba épült be a talajban (4. táblázat).

4. táblázat

**A feltöltő PK műtrágyázás hatása a talaj AL-oldható PK-tartalmára**  
(Az összes kísérleti hely átlagában)

(1) Talajcsoportok	(2) Kezelés, kg/ha			
	P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>500</sub> K <sub>500</sub>	P <sub>1000</sub> K <sub>1000</sub>	(3) Fajlagos*
<b>AL–P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg %</b>				
a) Köttebb talajokon	5,1	12,2	22,0	60
b) Laza homokokon	9,2	17,1	20,7	86
c) Meszes talajokon	8,2	16,6	23,0	68
d) Savanyú talajokon	4,1	9,9	18,0	71
e) Az első évben	6,7	15,6	23,5	59
f) A 2. és 3. évben	7,3	12,9	18,8	86
g) Átlagosan	6,8	14,0	21,0	70
<b>AL–K<sub>2</sub>O mg %</b>				
a) Köttebb talajokon	17,1	21,1	26,7	104
b) Laza homokokon	6,8	10,3	12,4	179
c) Meszes talajokon	9,0	13,0	16,5	132
d) Savanyú talajokon	18,0	21,6	26,6	116
e) Az első évben	12,3	16,9	21,7	106
f) A 2. és 3. évben	12,8	15,6	18,7	167
g) Átlagosan	12,7	16,4	20,4	134

\* A talaj 1 mg% AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O-tartalmának emeléséhez szükséges hatóanyag.

Kimutatható azonban az évhatás. A műtrágyázást követő első évben az AL–PK értékek nagyobbak, a feltöltődés fajlagos műtrágyaigénye pedig 25–30%-kal kisebb, mint a későbbi években. A talajok P-állapotában tehát még nem alakult ki az egyensúly. Különösen szembeutó ez a humuszosabb

meszes csernozjomon, ahol az első évben a műtrágyával bevitt P teljes mennyisége AL-oldható formában maradt, e módszer szerint lekötődés a talajban nem volt kimutatható. Ezzel magyarázható, hogy az évek és kísérleti helyek átlagában a kötöttebb talajokon kisebb megkötődés, illetve alacsonyabb fajlagos műtrágya-P igény jelentkezett (4. és 3. táblázat).

A kontroll talajok K-ellátottsága a homokok kivételével közepes, a homokokon „kevés” volt. Ezek az ellátottsági kategóriák mindössze egy fokozattal javulnak az 1000 kg  $K_2O$ /ha adaggal. Ahhoz tehát, hogy a talajok K ellátottságát hasonló mértékben emelhesük mint a P esetén, megközelítően kétszer annyi K-műtrágyára volna szükség. Erre utalnak a fajlagos K-feltöltődés mutatói is. A K ugyanis mozgékonyabb tápelem mint a P, az AL-oldható és a nem oldható formák közötti reakciók gyorsabban játszódnak le a talajban, illetve beépül a kristályrácsokba (3. és 4. táblázat).

A talajok csökkenő kötöttségi viszonyaival párhuzamosan azonban nem csökken, hanem nő a feltöltés fajlagos műtrágyaigénye. Így pl. Órbottyán laza homokos talaján 200–300 kg/K/ha adott 1 mg% K-növekedést a talajban, míg az erősen kötött Kompolton megközelítően csak 150 kg. Ez a jelenség részben azzal magyarázható, hogy feltehetően a bevitt K egy része a homokokon a csapadékkal mélyebb talajrétegekbe vándorolt. A kimosódás esetleges mértékéről majd további vizsgálatok eredményei alapján alkothatunk ítéletet. A meszes és savanyú talajok átlagát tekintve a feltöltődés mutatói közelállóak. Lényeges a különbség azonban az évek között, az egyensúlyi állapot a műtrágyázást követő első év után még nem állt be. Különösen vonatkozik ez a humuszosabb mészlepedékes csernozjomra, ahol az első évhez viszonyítva az AL-oldható K-forma mennyisége a 3. évben felére csökkent (3. és 4. táblázat).

### Növényvizsgálati eredmények

A növényanalízis módszere az utóbbi években igen elterjedt a szántóföldi növények tápláltsági állapotának megítélésében, műtrágyaszükségletük megállapításánál. Alkalmazása azon a feltételezésen nyugszik, hogy a növényi növekedés és a termés a tápanyagok koncentrációjának, azok egymáshoz viszonyított arányának is függvénye, amelyet a fiatal növények tükrözni képesek (BAIER [1], BOLDÜREV [3], CÉRLING [4], BERGMANN és NEUBERT [2] stb.). Az idézett irodalomban közölt ellátottsági határértékekhez hasonlóan, korábban végzett kísérleteinkből megállapítottuk, hogy az őszi búza bokrosodás végén, illetve szárbaindulás elején kielégítően ellátottnak akkor tekinthető, ha a földfeletti rész P% tartalma legalább a 0,35–0,40, a K% tartalma pedig a 3,0–3,5 elemi K%-ot eléri. Kifejezetten gyenge P-ellátottságról 0,25 P%, illetve 2,5 K% alatt beszélhetünk (KÁDÁR és KRÁMER [13]).

A feltöltő PK-műtrágyázás hatására a fiatal növények PK-tartalma jelentősen nőtt. Így pl. az első PK feltöltő adag a kalászosok átlagosan 0,29 P% tartalmát (gyenge-közepes P-ellátottságát) 0,41 P%-ra emelte, és ezzel biztosította a kielégítő ellátottságot. A növényi tápanyagfelvétel mint ismeretes, nem lineáris. A második feltöltő PK-adag az 500 kg  $P_2O_5$ /ha-hoz viszonyítva már nem okozott nagyobb mérvű P-koncentráció emelkedést. Szilvászváradon és Órbottyánban (A) a növények P-tartalma elérte a 0,50%-ot is (5. táblázat).

Az egyes kísérleti helyek adatait elemezve megállapíthatjuk, hogy a PK-műtrágyázásban nem részesült eredeti kontroll talajokon a kalászosok P%

5. táblázat

A feltöltő PK-műtrágyázás hatása a kalászosok PK-tartalmára, légszáraz súly %-ában. (A bokrosodás vége — szárbaindulás elején)

(1) Kísérleti hely	(2) Év	(3) Kezelés, kg/ha			
		P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>500</sub> K <sub>500</sub>	P <sub>1000</sub> K <sub>1000</sub>	SzD <sub>s</sub> %
<b>P %</b>					
Órbottyán (A)	1976	0,37	0,41	0,50	0,09
Kompolt	1976*	0,30	0,44	0,47	0,08
Órbottyán (B)	1976	0,26	0,34	0,38	0,09
Nagyhőresök	1975	0,26	0,41	0,45	0,02
Szilvásvár	1976	0,24	0,47	0,55	0,05
Átlag		0,29	0,41	0,47	
<b>K %</b>					
Órbottyán (A)	1976	2,79	4,12	4,06	0,59
Kompolt	1976	2,81	2,94	3,45	
Órbottyán (B)	1976	2,76	3,58	3,58	0,54
Nagyhőresök	1975	2,95	3,55	2,66	0,08
Szilvásvár	1976	2,86	3,88	4,24	0,32
Átlag		2,83	3,61	3,80	

\* Őszi árpa. A többi kísérleti helyen őszi búza

tartalma Órbottyán (A) – Kompolt – Órbottyán (B) – Nagyhőresök – Szilvásvár sorrendben csökkent. A növényelemzés szerint kifejezett P-hiány áll fenn Szilvásváradon, míg a többi kísérleti helyek ellátottsága közepesnek tekinthető, sőt Órbottyán (A) talaja már a kielégítő ellátottság alsó határát súrolja. A P-ellátottságnak a növényanalízis szerinti sorrendje lényegében követi a talajok Olsen-módszerrel korábban jelzett P-ellátottságát, mely szerint Kompolt és Órbottyán (A) talaja már jó-közepesen ellátott, míg a többi kísérleti helyeken az ellátottság gyenge (5. táblázat).

A növények K-tartalmának változását a trágyázás függvényében részben hasonló tendenciák jellemzik, mint a P-tartalomét. A kalászosok átlagosan 2,83% K-tartalma már az első feltöltő PK-adaggal a kielégítőnek tartható 3,61%-os szintre emelkedik. A második feltöltő PK-adag lényegesen kisebb mértékben növeli tovább a növények K-tartalmát. Trágyázás hatására itt is Szilvásváradon és Órbottyánban (A) nőtt a maximális értékre a K% elérve, sőt meghaladva a 4%-ot (5. táblázat).

Ha azonban az egyes kísérleti helyeket hasonlítjuk össze, megállapítható, hogy a kontroll talajokon termett növények K%-ai nem követik a talajok AL-módszerrel meghatározott K-ellátottsági viszonyait, melyek a kötöttség függvényében eltérőek voltak. A növényvizsgálati adatok és a talajvizsgálati eredmények között nem látunk összefüggést, a trágyázatlan parcellák növényének K-tartalmában lényeges különbségek nem állnak fenn. A kalászosok K-igénye ugyanis csekély, még a viszonylag rosszul ellátott talajokon is ritkán figyelhetünk meg K-hatásokat. A kalászosok mérsékelt K-igényét valamennyi vizsgált talaj képes volt kielégíteni (5. táblázat).

Más a helyzet a K-igényes kukoricánál. Így pl. Nagyhörösök mészlepedékes csernozjom talaján a 13–15 mg% AL–K<sub>2</sub>O-tartalom 2% körüli K%-ot eredményezett a 6 leveles kukoricánál, K-trágyázás nélkül. Az irodalom szerint 3–4% K-tartalom tekinthető kielégítőnek a növényben (BERGMANN és NEUBERT [2]), amelyet csak az első vagy második feltöltő adaggal értünk el e kísérletben. A növényelemzés adatai szerint tehát a kalászosoknál elsősorban P-hatásokra számíthatunk, míg a kukoricánál K-hatások is várhatók a legtöbb kísérleti helyen (5. és 6. táblázat).

6. táblázat

A feltöltő PK-műtrágyázás hatása a 6 leveles légszáraz kukorica PK-tartalmára (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörösök)

(1) Kísérleti év	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				SzD <sub>s</sub> %	K <sub>2</sub> O kg/ha				SzD <sub>s</sub> %
	0	500	1000	1500		0	500	1000	1500	
	P% (NK átlagai)					K% (NP átlagai)				
1976	0,31	0,47	0,51	0,60	0,03	1,97	3,37	4,22	4,49	0,13
1977	0,38	0,52	0,54	0,59	0,04	1,78	2,76	3,80	4,38	0,12

### Szemtermés eredmények

A talaj- és növényvizsgálati eredmények alapján arra következtethetünk, hogy a kalászosok szemtermését a P-műtrágyázás befolyásolhatja, a feltöltő PK-műtrágyázással nyert szemterméstöbbleteket alapvetően a P hatásának tulajdoníthatjuk. Erre utaltak a növényelemzés-adatok, melyek szerint a kalászosok mérsékelt K-igényét valamennyi vizsgált talaj képes volt kielégíteni. Alátámasztják azonban a szemterméseredmények is. Így pl. még a K-mal gyengén ellátott Órbottyán (B) homok talaján sem vezetett az egyoldalú K-trágyázás terméstöbbletek képződésére (7. táblázat).

7. táblázat

A feltöltő PK-műtrágyázás hatása az őszi búza szemtermésére, 1975/76/77. évek átlagában. (Gyengén humuszos homok, Órbottyán)

(1) Kezelés kg/ha		(2) Szemtermés		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	q/ha	D	%
—	—	25,2	—	100
500	—	29,2	4,0	116
1000	—	31,0	5,8	123
—	500	27,6	2,4	110
—	1000	23,1	-2,1	92
500	500	25,9	0,7	103
1000	1000	31,8	6,6	126
SzD <sub>s</sub> %		4,5	4,5	18

A talajvizsgálati eredmények — elsősorban az Olsen-módszer adatai — és a növényelemzéssel kapott információk alapján két kísérleti hely talaja „jó-közepesen” ellátott P-ral, míg a többi talaj P-ellátottsága gyenge. Az együttes PK feltöltő trágyázás a jobban ellátott talajokon mindössze 5–6 q/ha szemterméstöbbletet eredményezett, statisztikailag éppenhogy igazolhatóan. A P-ral gyengén ellátott talajokon ezzel szemben 13–18 q/ha szemterméstöbblet jelentkezik évenként. Órbottyán gyengén humuszos talaján egyéb tényezők, elsősorban e talaj rossz vízháztartása miatt fellépő szárazság, limitálták a termésszin-



8. táblázat  
A feltöltő PK-műtrágyázás hatása a kalászosok szemtermésére a talajok P-ellátottságának függvényében, q/ha

(1) Kísérleti hely	(2) Év	(3) Kezelés kg/ha			
		P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	P <sub>300</sub> K <sub>300</sub>	P <sub>1000</sub> K <sub>1000</sub>	SzD <sub>s</sub> %
a) „jó-közepes” P-ellátottságon					
Órbottyán (A)	1976/77	34,1	41,8	43,2	8,0
Kompolt	1975/76	43,1	45,6	47,0	3,0
Átlag		38,6	43,7	45,1	
Többlet a kontrollhoz		—	5,1	6,5	
%		100,0	113,2	116,8	
b) „kevés” P-ellátottságon					
Órbottyán (B)	1976/77	26,2	28,4	33,8	7,2
Nagyhőresők	1974/75	40,9	56,6	56,8	1,5
Szilvásvár	1976	16,1	37,8	45,2	5,6
Átlag		27,7	40,9	45,3	
Többlet a kontrollhoz		—	13,2	17,6	
%		100,0	147,7	163,5	

teket, és ezzel alacsonyan behatárolták a műtrágyahatásokat. Nagyhőresőkön a terméstöbblet már igen erősen szignifikáns 15 q/ha, míg Szilvásváradon a második feltöltő PK-adag is statisztikailag igazolhatóan tovább növelte a termést az első PK-adaghoz viszonyítva, és összesen 29,1 q/ha szemterméstöbbletet eredményezett a kontrollhoz viszonyítva. Ez a növekedés a kontroll %-ában 280% volt (8. táblázat).

9. táblázat  
A „normál” adagú és a feltöltő PK-műtrágyázás hatása a kalászosok szemtermésére a 4 kísérleti helyen

(1) Kezelés kg/ha		Kompolt 1975/76		Órbottyán(A) 1976/77		Nagyhőresők 1975		Szilvásvár 1976	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
—	—	43,1	100,0	34,1	100,0	35,4	100,0	16,1	100,0
50	100	46,8		43,5		46,8		29,0	
100	200	46,2		41,3		51,6		31,2	
Átlag (x <sub>1</sub> )		46,5	107,9	42,4	124,3	49,2	139,0	30,6	190,1
500	500	45,6		41,8		54,0		37,8	
1000	1000	47,0		43,2		54,6		45,2	
Átlag (x <sub>2</sub> )		46,3	107,4	42,5	124,6	54,3	153,4	41,5	257,8
SzD <sub>s</sub> %		3,0		8,0		3,0		5,6	
(x <sub>2</sub> ) - (x <sub>1</sub> )		-0,2	-0,5	+0,1	+0,3	+5,1	14,4	+10,9	+67,7

A nagyobb adagokkal végzett feltöltő trágyázás tehát ott hatékony, ahol egyéb tényezők magas termések elérését teszik lehetővé, azonban a talaj egyik vagy másik tápelemben igen szegény, és ez termékenységet erősen limitálja. Vizsgáljuk meg ezt a kérdést még egy oldalról. Mikor lehet indokolt a feltöltő

10. táblázat

A feltöltő P-műtrágyázás hatása a kukorica termésére, P- és Zn-tartalmára, valamint a P/Zn-arányaira az NK-kezelések átlagában (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhorcsök, 1976)

(1) Tulajdonság	(2) P-adag kg/ha				
	0	300	1000	1500	SzD,%
AL - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg %	6,5	12,3	19,0	29,0	2,2
a) 6-leveles stádiumban					
P %	0,31	0,47	0,51	0,60	0,04
Zn ppm	30,5	21,2	21,8	20,8	2,1
P/Zn arány	101,6	221,7	233,9	288,5	—
b) Termés g/20 növény	21,0	28,0	30,0	30,0	2,4
c) Szemtermés betakarításakor					
P %	0,29	0,42	0,45	0,44	0,08
Zn ppm	34,3	23,2	23,0	20,9	2,4
P/Zn arány	84,5	181,0	195,7	210,5	—
d) Termés q/ha	47,4	56,2	48,7	42,5	2,7

trágyázás a normál adagú trágyázással szemben? A 9. táblázatban a P<sub>50</sub>K<sub>100</sub> illetve P<sub>100</sub>K<sub>200</sub> „normál” adagok hatását hasonlítottuk össze a P<sub>500</sub>K<sub>500</sub> illetve P<sub>1000</sub>K<sub>1000</sub> feltöltő adagokkal. Amint a táblázat adataiból látható, a P-ral jobban ellátott Kompolt és Órbottyán (A) talaján a feltöltő trágyázás a „normál” adagú trágyaadagokhoz viszonyítva terméstöbbleteket nem eredményezett. A gyengébben ellátott Nagyhorcsökön és különösen Szilvásváradon a feltöltő trágyázás előnyösnek és statisztikailag igazolhatónak mutatkozott. Feltöltő trágyázás nélkül Nagyhorcsökön 5, Szilvásváradon 10–11 q/ha szemterméskieséssel kell számolnunk (9. táblázat).

A feltöltő trágyázás hatékonyságának elbírálásához több szempontot is figyelembe kell vennünk. Ha elfogadjuk, hogy kb. 3 kg búzaszemtöbbslet már kifizetővé teszi 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> felhasználását, akkor a Szilvásváradon alkalmazott 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha tehát már az első évi 29 q/ha szemterméstöbbslettel megtérülhet. A melioratív műtrágyázásnál, hasonlóan mint a nagyadagú meszezésnél, abból indulunk ki, hogy az adott talajt tartósan megjavítjuk és magasabb termékenységi szintre emeljük. A feltöltő-melioratív trágyázás költségeit tehát nem egy évre vetítjük, mert jelentős utóhatásokra számítunk. A drágább P-műtrágya 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adagja Szilvásváradon már az első évben, Nagyhorcsökön 2–3. évben, Órbottyán (A) talaján 3–4. évben, Kompolton pedig csupán a 7–8. évben térülne meg. Ehhez járul még, hogy tapasztalataink szerint a műtrágyahatások nőnek az évekkkel, mert a trágyázatlan talajon a termés általában gyorsabban csökken, mint az ilyen nagy adagok utóhatása eredményeképpen a trágyázotton.

Nem hagyható figyelmen kívül, hogy az iparszerű termelési rendszerekben a gabonatermesztés csak akkor kifizetődő a jelenlegi gazdálkodási körülmények között, ha a termésátlagok a 40 q/ha feletti termésszinteket biztosítják. Az ezt meghaladó terméstöbbleteket, amelyeket a feltöltő trágyázás eredményezhet, hatványozottan javítják az önköltség mutatóit, a gazdálkodás hatékonyságának szintjét, így tehát az 1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/3 kg búzaszem többslet a trágyázás hatékonyságának elbírálásánál csak az egyik kritérium lehet.

Az intenzív és egyoldalú makroelem-műtrágyázás ugyanakkor megváltoztathatja más elemek, pl. mikroelemek felvételét a növényben. Meszes tala-

11. táblázat  
A feltöltő PK műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére, q/ha, 1976  
(Nagyhőrség, mészlepedékes csernozjom)

(1) K-adag kg/ha	(2) P-adag kg/ha					Szd,%	Átlag
	0	500	1000	1500			
0	41,2	44,9	42,8	33,5			40,6
500	49,4	57,2	48,2	45,8	5,5		50,2
1000	48,4	61,7	54,2	44,8			52,3
1500	50,5	61,6	49,6	46,0			51,9
Átlag	47,4	56,2	48,7	42,5	2,7		48,7

jokon, ahol a legtöbb mikroelem felvehetősége egyébként is korlátozott, az egyoldalú P-műtrágyázás lecsökkentette a Fe-, és különösen a Zn-felvételét, amely a Zn igényes kukoricánál terméscsökkenést eredményezett. Így pl. a 6 leveles kukoricában a 100 körüli P/Zn-arány, melyet az irodalom még kedvezőnek tart, 288-ra emelkedett. Hasonló tendenciát a szemtermésben is megfigyelhetünk (10. táblázat).

Míg a Zn-tartalom ilyen mértékű csökkenése, illetve a P/Zn arányának eltolódása a 6 leveles kukorica termését bizonyíthatóan még nem csökkentette, addig a szemtermésben 10–15 q/ha terméskiesést okozott, melyet a K-trágyázás pozitív hatása sem volt képes ellensúlyozni (10. és 11. táblázat).

### Megállapítások

Magyarország eltérő vidékein, 1973–76 között 5 tipikus hazai talajon vizsgáltuk a feltöltő PK-műtrágyázás hatékonyságát. A vizsgált talajok kötöttsége, mészállapota, humusz- és PK-ellátottsága eltérő volt. Az egyes kísérleti helyeken 0, 500, 1000 és esetenként 1500 kg/ha  $P_2O_5$ , illetve  $K_2O$  adagokat alkalmaztunk feltöltés céljára. Későbbi években e feltöltő adagok utóhatásait figyeltük meg. Főbb eddigi megállapításaink:

1. Mind meszes, mind a savanyú talajok AL-P-ellátottsága az 500 kg/ha  $P_2O_5$ -adag alkalmazásakor egy-egy ellátottsági tartománnyal emelkedett. A talajok AL-P-tartalmának 1 mg%-kal való emeléséhez mintegy 70 kg/ha műtrágya-P volt szükséges, a műtrágyázást követő első években a talajba vitt P-mennyiségének átlagosan fele kimutatható AL-oldható formában.

2. A P-műtrágyák időbeni lekötődését tekintve megállapítható volt, hogy a talajok feltöltődéséhez szükséges fajlagos vagy egységnyi műtrágya hatóanyag szükséglete a műtrágyázást követő első évben, és különösen a meszes, humuszos, vályogos csernozjom talajon volt a legkisebb.

3. Mind meszes, mind a savanyú talajok AL-K-ellátottsága csak az 1000 kg/ha  $K_2O$  adaggal javult egy-egy fokozattal. Ahhoz, hogy a talajok K-ellátottságát hasonló mértékben emeljük mint a kevésbé mozgékony P esetén, megközelítően kétszer annyi K-műtrágyára van szükség.

4. A fajlagos K-feltöltődés lényegesen kevesebb K-műtrágyát igényelt vályog talajokon, mint homokokon. Ez a jelenség minden bizonnyal azzal hozható összefüggésbe, hogy a K részben mélyebb talajrétegekbe vándorolt és kimosódott a talajban. A kimosódás mértékéről majd a további vizsgálatok

alapján alkothatunk ítéletet. Az egyensúlyi állapot a műtrágyázást követő első évben még nem állt be, különösen vonatkozik ez a humuszosabb mészlepedékes csernozjomra, ahol az első évhez viszonyítva az AL-oldható K-forma mennyisége a 3. évben felére csökkent.

5. A növényelemzés adatai, a kalászosok bokrosodáskori P% tartalma alapján két kísérleti hely P-ellátottsága kielégítő, míg a többi kísérleti hely ellátottsága gyenge vagy közepes volt. A kísérleti helyek P-ellátottságának növényelemzés útján kapott sorrendje lényegében követte a korábban Ölsen-módszerrel meghatározott, talajvizsgálatok útján kapott P-ellátottságot.

6. A kalászosok átlagosan 0,29% P-tartalma, gyenge-közepes P-ellátottsága az első feltöltő PK-adaggal 0,41 %-ra emelkedett, és ezzel helyreállt a kielégítő ellátottság. Egyes kísérleti helyeken a növények P-tartalma a 0,50%-ot is elérte, bár a második feltöltő adag már nem okozott lényeges P-koncentráció emelkedést a fiatal növényben.

7. A kalászosok átlagosan 2,83% K-tartalma már az első feltöltő PK-adaggal a kielégítőnek tartható 3,61%-ra emelkedett. A második feltöltő adag kisebb mértékben növelte tovább a növények K-tartalmát. Az egyes kísérleti helyek között nem lehetett kimutatni összefüggést a talaj AL-K-tartalma és a növények K%-ai között. A kalászosok mérsékelt K-igényét valamennyi vizsgált talaj képes volt kielégíteni.

8. A K-igényes kukorica ezzel szemben még a kötöttebb csernozjomon is K-hiányt mutatott, melyet csak az első, sőt második feltöltő K adag volt képes kielégíteni. A feltöltő PK-műtrágyázás kalászosoknál P-hatásokat, míg kukoricánál K-hatásokat is eredményezhet.

9. A termésteöbbleteket a talajok P-ellátottsága döntően meghatározta. Míg a jó-közepesen ellátott két kísérleti helyen a feltöltő trágyázás hatására kapott termésteöbbletek alig igazolhatóak, 5–6 q/ha, addig a gyengén ellátottakon 13–18 q/ha évenként. A legrosszabbul ellátott talajon a termés közel háromszorosára emelkedett. A rosszabbul ellátott talajokon a feltöltő trágyázás előnyösebb a normál adagú  $P_{50}K_{100}$ , ill.  $P_{100}K_{200}$  hatóanyagoknál.

10. A melioratív jellegű feltöltő PK-műtrágyázás alkalmazhatóságának agrokémiai alapja a talajok tápanyagellátottságának foka. Amint azt a termésteöbbletek igazolják, egy igen rosszul ellátott talajon az ilyen mérvű feltöltő PK-adagok is néhány év alatt megtérülhetnek és gazdaságosak lehetnek, míg a jobban ellátott talajokon inkább a termés által kivont tápanyagok egyszerű visszapótlását célzó fenntartó trágyázást kell folytatnunk.

11. A nagyadagú intenzív műtrágyázás igen erős beavatkozást jelent a talajba, amely ugyanakkor veszélyeztetheti is a talaj termékenységét. Meszes talajokon, ahol a könnyen felvehető mikroelemek mennyisége egyébként is korlátozott, mikroelem hiányokat indukálhat. Mészlepedékes csernozjomon, 15–20 mg% AL –  $P_2O_5$  feletti ellátottságon a növények Zn-tartalma olyan mértékben lecsökkent, illetve az optimális P/Zn-arány eltolódott, hogy 10–15 q/ha szemterméscsökkenést eredményezett a Zn-igényesebb kukoricánál.

12. Ahhoz, hogy a feltöltő PK-műtrágyázás módszerének alkalmazhatóságát elbírálhassuk egy adott talajon, előzetes talaj- és növényvizsgálatokkal kell meggyőződünk a talaj P-vagy K-ellátottságának hiányáról, a hiány mértékéről. Figyelembe kell vennünk a mikroelemellátottsági viszonyokat is, amennyiben szükséges a P-műtrágyázást Zn-trágyázással egybekötve végezzük. Amennyiben a talaj- és növényvizsgálatok útján kapott információ nem egyértelmű, szabadföldi trágyázási kísérletre, próbára is szükségünk lehet.

## Összefoglalás

Magyarország eltérő vidékein, 1973–76 között, 5 tipikus hazai talajon vizsgáltuk a feltöltő PK-műtrágyázás hatékonyságát. Az egyes kísérleti helyeken 0, 500, 1000 és esetenként 1500 kg/ha  $P_2O_5$ , illetve  $K_2O$  adagokat alkalmaztunk feltöltés céljára. Későbbi években e feltöltő adagok utóhatásait figyeltük meg.

Mind a meszes, mind a savanyú talajok AL-P-ellátottsága már az 500 kg/ha adag alkalmazásakor egy-egy ellátottsági tartománnyal emelkedett. A talajok AL-P-tartalmának 1 mg%-kal való emeléséhez mintegy 70 kg/ha P-műtrágyára volt szükség. A fajlagos műtrágya szükséglet a műtrágyázást követő első évben, különösen a meszes humuszos vályogos csernozjomon volt a legkisebb. Mind a meszes, mind a savanyú talajokon az AL-K-ellátottság csak az 1000 kg/ha adagnál javult egy fokozattal. A fajlagos feltöltésnél a P-hez képest dupla mennyiségre volt szükség, továbbá a vályogtalajok igénye lényegesen kevesebb volt a homoktalajokénál. Az egyensúlyi állapot a műtrágyázást követő első évben még nem állt be, különösen a mészlepedékes csernozjomon, ahol az AL-K mennyisége a 3. évben az első évhez viszonyítva a felére csökkent.

Az elvégzett növényelemzés (a kalászosok bokrosodáskori fázisában) adatai alapján kapott ellátottsági sorrend lényegében követte az Olsen-módszerrel megállapított P-ellátottságokat. A kalászosok 0,29%-os P-tartalma a feltöltés hatására 0,41%-ra emelkedett, egyes helyeken a 0,50%-ot is elérte már az 500 kg/ha adagnál. A kalászosok K-tartalma az átlagos 2,83-ról az első feltöltő adag hatására 3,61%-ra nőtt, az adag további növelése már nem emelte lényegesen a tápanyag koncentrációt. A K-igényes kukorica a jóminőségű csernozjomon K-hiányt mutatott, amit csak a feltöltő adagok pótltak.

A feltöltő adagú PK-műtrágyázás a kalászosoknál P-hatásokat, míg a kukoricánál K-hatásokat is eredményezett. A terméstebbleteket a talajok P-ellátottsága döntően meghatározta. Míg a jó-közepesen ellátott két kísérleti helyen a feltöltő trágyázás hatására kapott többlet termések alig igazolhatók (5–6 q/ha), addig a gyengén ellátottakon 13–18 q/ha évente. A legrosszabb ellátottságú talajon a termés közel háromszorosára emelkedett. A nagyadagú intenzív műtrágyázás mészlepedékes csernozjomon 15–20 mg% feletti ellátottságon a kukorica Zn-tartalmát oly mértékben lecsökkentette és az optimális P/Zn arányt eltolta, hogy 10–15 q/ha szemtermés csökkenést eredményezett. A melioratív jellegű PK-műtrágyázás alkalmazhatóságának agrokémiai alapja a talajok tápanyag ellátottságának foka. A módszer alkalmazhatóságának elbírálásához előzetes talaj- és növényvizsgálatokat kell végezni, figyelembevétel a mikroelem ellátottsági viszonyokat is. Amennyiben a kapott vizsgálatok nem adnak egyértelmű választ, szabadföldi kísérletre is szükség lehet.

## Irodalom

- [1] BAIER, J.: Primenenie neorganiceszkih analizov ozimoj psenicü dlja podkormki. In: Szisztéma udobrenij i pitaniya rasztenij. VARV. Praha. 1974.
- [2] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena. 1976.
- [3] BOLDÜREV, N. K.: Analiz liszt'ev kak metod opredelenija potrebnoszti rasztenij v udobrenijah. Sz/h. Inszt. Kirova. Omszk. 1970.

- [4] CERLING, V. V.: A növényanalízis eredményeinek felhasználása a trágyázás hatékonyságának növelése céljából. In: Tanulmányok a trágyázásról. 105–118. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1978.
- [5] ELEK, E. & KÁDÁR, I.: A foszforműtrágyázás hatása a makro- és mikro-tápanyagok felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. VI. Ankét. Keszthely. 1. 89–93. NEVIKI. Veszprém. 1975.
- [6] FÜLEKY, Gy.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. II. Agrokémia és Talajtan. 24. 291–302. 1975.
- [7] FÜLEKY, Gy. & KÁDÁR, I.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. I. Agrokémia és Talajtan. 24. 29–45. 1975.
- [8] GERICKE, S. & BÄRMANN, C.: Die Wirkung der Phosphatdüngung zu Kartoffeln. Phosphorsäure. 23. 59–76. 1963.
- [9] GERICKE, S. & BÄRMANN, C.: Die Wirkung steigender Phosphatgaben bei langjähriger Anwendung auf Ertrag und Nährstoffgehalt der Pflanzen. Phosphorsäure. 22. 255–285. 1963a.
- [10] KAMPRATH, E. J.: Residual Effect of Large Applications of Phosphorus on High Phosphorus Fixing Soils. Agron. J. 59. 25–27. 1967.
- [11] KÁDÁR, I.: A melioratív foszforműtrágyázás lehetőségei. A mezőgazdaság kemizálása. VI. Ankét. Keszthely. 1. 85–88. NEVIKI. Veszprém. 1975.
- [12] KÁDÁR, I.: A foszfor-műtrágya igényének becslése növény- és talajvizsgálatokkal. A mezőgazdaság kemizálása. VII. Ankét. Keszthely. 205–212. NEVIKI. Veszprém. 1976.
- [13] KÁDÁR, I. & KRÁMER, M.: Az őszi búza tápanyagellátottságának megállapítása növényvizsgálatokkal. A mezőgazdaság kemizálása. VIII. Ankét. Keszthely. 53–61. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [14] KÁDÁR, I. et al.: Vlijanje vozrasztajusesih doz mineralnih udobrenij na pocvu i raszteniija. Vth. Cong. Jug. Soc. Soil Science. 409–416. Sarajevo. 1976.
- [15] LÁSZTITY, B.: A foszfor és kálium műtrágyázás hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövényvel. A mezőgazdaság kemizálása. VIII. Ankét. Keszthely. 47–52. NEVIKI. VESZPRÉM. 1977.
- [16] LÁSZTITY, B. & KÁDÁR, I.: Adatok a feltöltő PK-műtrágyázás vizsgálatához barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan. 27. 119–129. 1978.
- [17] LÁSZTITY, B., KÁDÁR, I. & ELEK, E.: A foszfor és kálium műtrágyázás növényre gyakorolt hatásának vizsgálata karbonátos homokon. Agrokémia és Talajtan. 27. 130–140. 1978.
- [18] PECK, T. R., KURTZ, L. T. & TANDON, H. L.: Changes in Bray P-1 soil phosphorus test values resulting from applications of phosphorus fertilizer. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35. 595–598. 1971.
- [19] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1975.
- [20] SCHMITT, L. & BRAUER, A.: Ein zwölfjähriger Phosphatversuch auf Dauergrünland des Vogelsberges. Phosphorsäure. 28. 39–55. 1969.
- [21] SESTIČ, S. & DERKAČEV, E.: Die Wirkung von Phosphat- und Kalidüngung bei Weizen und Mais auf Tschernosem. Phosphorsäure. 22. 318–325. 1963.
- [22] SHELTON, J. E. & COLEMAN, N. T.: Inorganic phosphorus fractions and their relationship to residual value of large applications of phosphorus on high phosphorus fixing soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32. 91–94. 1968.

Érkezett: 1978. július 10.

## Investigation of the Possibilities of Fertilizing with Ameliorative P- and K-Dosis on some Hungarian Soils

I. KÁDÁR and B. LÁSZTITY

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

### Summary

In the years 1973–76 on 5 typical soil types of Hungary the efficiency of fertilizing with ameliorative PK-doses had been investigated. The stickiness, lime, humus and PK-content of the soils were different. On the experimental stations dosis of 0, 500 and

1000 kg/ha — sometimes even 1500 kg/ha —  $P_2O_5$  and  $K_2O$ , resp., were used for the ameliorative fertilization. In the following years the residual effects of these fertilizer doses were observed. The results can be summed up as follows:

1. Using a dosis of 500 kg  $P_2O_5$ /ha the P-supply of the calcareous, as well as that of the acid soils — expressed as AL- $P_2O_5$  mg/100 g soil — increased by one degree. To obtain a rise of 1 mg% in the AL-P-content of the soil 70 kg/ha P-fertilizer were needed, i.e. in average the half of the P-quantity given to the soil could be detected in the form of AL-soluble P.

2. The amount of specific P-fertilizer (i.e. the necessary fertilizer quantity to rise the AL-P and AL-K values by 1 mg%) was the smallest in the first year after the ameliorative fertilization, especially on the chernozem soil (i.e. on the calcareous, humous loam).

3. The AL-K-supply of the calcareous, as well as that of the acid soils increased by one degree only when using a dosis of 1000 kg  $K_2O$ /ha. To rise the K-content of the soils in the same rate, as in the case of the less movable P, approximately the double quantity of K-fertilizer is needed.

4. The "specific" K-fertilizer quantity was significantly less on the loam soils than on the sandy ones. This can be brought into connection with the fact that the K has wandered or got leached into the low levels of the soil. The measurement of leaching will be dealt with on the basis of further investigations. The equilibrium was not reached in the first year after the fertilization. This refers especially to the humous, calcareous chernozem soil, where the quantity of AL-soluble K — in comparison with that of the first year — decreased to the half of it in the third year.

5. On the basis of the data of plant analysis — of the P% content of the cereals at tillering, resp. — the P-supply of two experimental stations was sufficient, while the one of the other experimental stations was low or medium. The sequence of the P-supply of the soil of experimental stations experienced by plant analysis followed the one having determined earlier by the Olsen-method.

6. The average P-content of the cereals of 0,29% P, and the poorly medium P-supply of the soil amounted to 0,41% P by the first ameliorative fertilization, and there with a satisfactory supply was reestablished. On some experimental stations the P content of the plants reached even 0,50%, though, the second ameliorative fertilizer dosis did not result in an essential rising of the P concentration of the young plants.

7. The average K-content (2,83%) of the cereals rose with the first PK ameliorative dosis to the satisfactory level of 3,61%. The second dosis increased the K-content of the plants to a smaller degree. We could not prove a connection between the AL-K-content of the soil and the K% of the plants on the experimental stations. All investigated soils were able to meet the moderate K-demand of the cereals.

8. However the maize requiring more K showed a K-deficiency even on the stickier chernozem, which could be eliminated only by the first, or further more by the second ameliorative fertilizer dosis. The ameliorative PK-fertilization with cereals results in P-effects, while with maize it results in K-effects too.

9. The yield excess was definitively determined by the AL-P-content of the soil. While on the two experimental stations of high-medium P-supply the yield excess got by ameliorative fertilization was scarcely significant (0,5 — 0,6 t/ha), on the poorly supplied ones 1,3 — 1,8 t/ha/year were reached. On the worst supplied soil the yield increased nearly to the threefold. On the soils of worse supply the ameliorative fertilization proved to be more advantageous than the usual fertilizer dosis of  $P_{60}K_{100}$ , and  $P_{100}K_{200}$  resp.

10. The agrochemical basis of the applicability of the ameliorative PK-fertilization is always the prevailing level of the nutrient supply of the soil. As it is proved by the yield excesses the expenses of an ameliorative fertilization with high PK-dosis may be recovered on a soil poorly supplied with nutrients within a few years, while on soils better supplied with nutrients rather a replenishment of the depleted quantities should be followed.

11. The ameliorative fertilization with high dosis means a very disturbing interference for the soil which at the same time is dangerous for the fertility of the soil. It may induce a microelement deficiency in calcareous soils where the quantity of the labile microelements is rather limited. On the calcareous chernozem at a 15 — 20 mg% AL- $P_2O_5$  level the Zn-content of the plants was reduced and the optimal P/Zn ratio was put off to such an extent that it resulted in a yield decrease of 1,0 — 1,5 t/ha in the case of maize requiring more Zn.

*Table 1.* Essential agrochemical characteristics of the ploughed layer of the soils at the experimental stations. (1) Soil characteristics: a) % of the fraction smaller than

0,02 mm  $\phi$ ; b) Sticky number according to Arany; c) Hygroscopicity; d) Level of K-supply; e) Humus, %; f) Hydrolytic acidity; g) level of P-supply; (2) Chernozem brown forest soil (Kompolt). (3) Calcareous chernozem (Nagyhőrsök). (4) Brown forest soil with clay illuviation (Szilvásvár). (5) Calcareous humous sand (Órbottyán A). (6) Calcareous, poorly humous sand (Órbottyán B).

*Table 2.* Classification of the soils according to their PK-supply (Sarkadi, [19]) on the basis of their AL-soluble PK-content as a function of their main soil properties. (1) AL - PK in the ploughed layer: I. Very low; II. Low; III. Poorly medium; IV. High medium; V. High; VI. Very high. (2) Sand. (3) Loam. (4) Clay. A = leached chernozems, acid forest and meadow soils, other acid clayey soils. B = Calcareous and saturated chernozems, other saturated loam soils. C = Calcareous Danube-alluvial soils, other calcareous light soils.

*Table 3.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the AL-PK-content of the soils at the 5 experimental stations. (1) Treatment, kg/ha.

*Table 4.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the AL-PK-content of the soil (in the average of all the experimental stations). (1) Soil groups: a) Heavier, sticky soils; b) Light soils; c) Calcareous soils; d) Acid soils; e) In the first year; f) In the second and third year; g) Mean. (2) Treatment. (3) Specific nutrient content = amount of fertilizer nutrients needed to raise the AL-soluble  $P_2O_5$ - and  $K_2O$ -content by 1 mg%.

*Table 5.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the PK-content of the cereals, in % of the air dried weight (Samples taken at the end of tillering, and at the beginning of shooting). (1) Experimental station. (2) Year. (3) Treatment. \* = Winter barley. At the remaining experimental stations: Winter wheat.

*Table 6.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the PK-content of the air dried maize with 6 leaves (Calcareous chernozem, Nagyhőrsök). (1) Experimental year. P% (mean values of the NK-treatments) and K% (mean values of the NP-treatments).

*Table 7.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the grain yield of winter wheat, mean values of the years 1975/76/77 (Poorly humous sand, Órbottyán). (1) Treatment. (2) Grain yield.

*Table 8.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the grain yield of the cereals as a function of the P-supply of the soil, 0,1 t/ha. (1) Experimental station: a) P-supply high-medium; b) P-supply low. (2) Year. (3) Treatment.

*Table 9.* Effect of the usual and the ameliorative PK-fertilization on the grain yield of the cereals at four experimental stations. (1) Treatment.

*Table 10.* Effect of the ameliorative P-fertilization on the yield, the P- and Zn-content, as well as the P/Zn ratio of maize in the mean of the NK-variants (Calcareous chernozem, Nagyhőrsök, 1976). (1) Property: a) At the stage of 6 leaves; b) Yield, g/20 plants; c) Grain yield at harvest; d) Yield, 0,1 t/ha. (2) P-dosis, kg/ha.

*Table 11.* Effect of the ameliorative PK-fertilization on the grain yield of maize, 0,1 t/ha (Calcareous chernozem, Nagyhőrsök, 1976). (1) K-dosis, kg/ha. (2) P-dosis, kg/ha.

## Untersuchung der Möglichkeiten der Meliorationsdüngung mit P- und K-Düngern auf einigen ungarischen Böden

I. KÁDÁR und B. LÁSZTITY

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

### Zusammenfassung

Es wurde auf 5 typischen Böden verschiedener ungarischen Gebiete in den Jahren 1973 - 76 die Wirksamkeit der PK-Meliorationsdüngung untersucht. Die Bindigkeit, der Kalkzustand, sowie der Humus- und PK-Versorgungsgrad der untersuchten Böden war verschieden. Auf den einzelnen Versuchsstationen wurden Gaben von 0, 500, 1000 und 1500 kg/ha  $P_2O_5$ , bzw.  $K_2O$  zwecks Meliorationsdüngung verwendet. In den folgenden Jahren wurde die Nachwirkung der PK-Gaben beobachtet. Die bisher erzielten wichtigsten Feststellungen sind die folgenden:

1. Der AL - P-Versorgungsgrad ist sowohl im Falle der kalkhaltigen, als auch der sauren Böden bei einer Gabe von 500 kg/ha  $P_2O_5$  um je eine Versorgungsstufe gestiegen. Für die Erhöhung des AL - P-Gehaltes um 1 mg% erforderliche Mineraleüngergabe (die



sogenannte spezifische P-Düngergabe) liegt rund um 70 kg/ha, d. h. es konnte in den ersten Jahren nach der P-Mineraldüngung etwa die Hälfte der in den Boden gelangten P-Menge in AL-löslicher Form nachgewiesen werden.

2. Die »spezifische« P-Düngermenge war im ersten Jahr nach der Meliorationsdüngung, besonders auf dem Tschernosjomboden (d. h. auf dem kalkhaltigen, humusreichen Lehm) am geringsten.

3. Der AL-K-Versorgungsgrad sowohl der kalkhaltigen, wie auch der sauren Böden wurde erst nach einer Gabe von 1000 kg/ha  $K_2O$  um eine Stufe erhöht. Um den K-Versorgungsgrad der Böden in gleichem Masse zu heben wie im Falle des bedeutend weniger beweglichen P ist annähernd doppelt soviel K-Mineraldünger notwendig.

4. Die »spezifische« K-Meliorationsdüngung beanspruchte wesentlich weniger K-Mineraldünger auf Lehm Böden als auf Sandböden. Diese Erscheinung kann damit in Zusammenhang gebracht werden, dass ein Teil des Kaliums in die tieferen Bodenschichten wanderte bzw. ausgelaugt wurde. Das Ausmass der Auslaugung kann nur aufgrund weiterer Untersuchungen beurteilt werden. Das Gleichgewicht der K-Verteilung im Bodenprofil hat sich im ersten Jahr nach der K-Düngung noch nicht eingestellt, dies bezieht sich besonders auf die humusreichen Tschernosjomböden mit Kalkhüllen, denn hier war die Menge des AL-löslichen K-Gehaltes im 3. Jahr nur die Hälfte derjenigen, die im ersten Jahr festgestellt werden konnte.

5. Aufgrund der Angaben der Pflanzenanalyse — des P<sub>0</sub>-Gehaltes zur Zeit der Bestockung der Halmfrüchte — wurde der P-Versorgungsgrad zweier Standorte für ausreichend ausgewiesen, während derselbe der übrigen Standorte schwach oder mittelmässig war. Die Reihenfolge des nach den Pflanzenanalysen geschätzten P-Versorgungsgrades war im wesentlichen dieselbe, als die früher durch Bodenuntersuchungen nach der Olsen-Methode (0,5 m  $NaHCO_3$ ) bestimmte.

6. Der durchschnittliche P-Gehalt der Halmfrüchte von 0,29% bei dem schwach bis mittlerem P-Versorgungsgrad erhöhte sich durch die erste meliorative PK-Gabe auf 0,41%, d. h. es stellte sich damit eine befriedigende Versorgung ein. An einigen Versuchsorten erreichte der P-Gehalt der Pflanzen sogar 0,50%. Die höhere meliorative Gabe rief schon keine wesentliche P-Konzentrationszunahme in den jungen Pflanzen hervor.

7. Der durchschnittliche K-Gehalt der Halmfrüchte von 2,83% erhöhte sich schon durch die erste meliorative PK-Gabe auf 3,61%, was für ausreichend betrachtet werden kann. Die höhere meliorative Gabe erhöhte den K-Gehalt der Pflanzen in geringerem Mass. An den einzelnen Versuchsorten konnte kein Zusammenhang zwischen dem AL-K-Gehalt des Bodens und dem K<sub>0</sub>-Gehalt der Pflanzen nachgewiesen werden. Den geringeren K-Bedarf der Halmfrüchte konnte ein jeder untersuchte Boden befriedigen.

8. Demgegenüber zeigte der K-beanspruchende Mais auch auf dem mehr gebundenen Tschernosem einen K-Mangel, welcher nur durch die erste, ja sogar öfters nur durch die zweite K-Meliorationsdüngung behoben werden konnte. Die meliorative PK-Düngung rief bei Halmfrüchten P-Wirkungen, beim Mais K-Wirkungen hervor.

9. Der P-Versorgungsgrad der Böden hat die Mehrerträge entscheidend beeinflusst. Während auf den gut bis mittelmässig versorgten Versuchsorten die infolge der Meliorationsdüngung erhaltenen Mehrerträge kaum gesichert 5-6 dt/ha ausmachten, waren sie auf den schwach versorgten Böden 13-18 dt/ha. Auf dem am schwächsten versorgten Boden erhob sich der Ertrag als Folge der meliorativen Düngung nahezu auf das dreifache. Auf den mit P minder versorgten Böden erwies sich die Meliorationsdüngung für vorteilhafter, als die Düngung mit den üblichen Gaben von  $P_{50}K_{100}$  bzw.  $P_{100}K_{200}$ .

10. Der jeweilige PK-Versorgungsgrad der Böden dient als Grundlage zur Anwendung der meliorativen Düngung. Wie dies die Mehrerträge beweisen, werden die Kosten der meliorativen PK-Gaben bei sehr schlecht versorgten Böden binnen einigen Jahren rückerstattet, d. h. sie können wirtschaftlich angewendet werden. Während auf besser versorgten Böden eher eine Ersatzdüngung, d. h. eine Rückgabe der durch den Ertrag entzogenen Nährstoffmengen berechtigt ist.

11. Eine intensive Düngung mit grossen Gaben bedeutet einen mächtigen Eingriff in die Bodenverhältnisse und ist für die Bodenfruchtbarkeit auch nicht ohne Gefahr. Auf Kalkböden, wo der Gehalt an leicht verfügbaren Mikroelementen ohnehin beschränkt ist, kann sie einen Mangel derselben hervorrufen. Auf einem Tschernosem mit Kalkhüllen verringerte sich z. B. der Zn-Gehalt der Pflanzen, bzw. verschob sich das optimale P/Zn-Verhältnis in den Pflanzen bei einem AL- $P_2O_5$ -Gehalt von über 15-20 mg% in solichem Masse, dass bei dem Zn-beanspruchenden Mais eine Kornertragsverminderung von 10-15 dt/ha auftrat.

Tab. 1. Die wichtigsten agrochemischen Kennzahlen der Ackerkrume der Böden der Versuchsstellen. (1) Bodenuntersuchungsdaten: a) % der Fraktion unter 0,02 mm;

*b)* Bindigkeitszahl nach Arany; *c)* Hygroskopizität; *d)* K-Versorgungsgrad; *e)* Humus%; *f)* hydrolytische Azidität; *g)* P-Versorgungsgrad; (2) Tschernosjom brauner Waldboden (Kompolc). (3) Tschernosjomboden mit Kalkhüllen (Nagyhőresök). (4) Brauner Waldboden mit Toneinwaschungen (Szilvásvárad). (5) Kalkhaltiger humoser Sandboden (Órbottyán, A). (6) Kalkhaltiger, schwach humoser Sandboden (Órbottyán, B).

*Tab. 2.* Beurteilung des PK-Versorgungsgrades der Böden aufgrund des AL-löslichen PK-Gehaltes als Funktion der wichtigsten Bodeneigenschaften nach Sarkadi (19). (1) AL – PK in der Ackerkrume: I. Sehr gering; II. Gering; III. Schwach bis mittelmässig; IV. mittelmässig bis viel; V. Viel; VI. Sehr viel. (2) Sand. (3) Lehm. (4) Ton. A = Ausgelagte Tschernosjomböden, saure Wald- und Wiesenböden, und andere saure Tonböden. B = Tschernosjomböden mit Kalkhüllen, gesättigte Tschernosjom- und andere Lehm Böden. C = Kalkhaltige Donaualluvialböden und andere kalkhaltige lockere Böden.

*Tab. 3.* Wirkung der meliorativen PK-Düngung auf den AL – PK-Gehalt der Böden an den 5 Versuchsorten. (1) Variante, kg/ha.

*Tab. 4.* Wirkung der meliorativen PK-Düngung auf den AL – PK-Gehalt der Böden (im Mittel aller Versuchsorte). (1) Bodengruppen: *a)* Bindige Böden; *b)* Lockere Sandböden; *c)* Kalkhaltige Böden; *d)* Saure Böden; *e)* im ersten Jahr; *f)* im zweiten und dritten Jahr; *g)* im Mittel; (2) Variante. (3) Spezifische Wirkstoffmenge = zur Erhöhung des AL-löslichen  $P_2O_5$ - bzw.  $K_2O$ -Gehaltes um 1 mg – in 100 g Boden notwendige Wirkstoffmenge, kg/ha.

*Tab. 5.* Einfluss der meliorativen PK-Düngung auf den PK-Gehalt der Halmfrüchte, in % -en des lufttrockenen Gewichtes (Zeitpunkt der Probenahme: Ende der Bestockung, Anfang des Schossens). (1) Versuchsort. (2) Jahr. (3) Variante. \* = Wintergerste. An den übrigen Versuchsorten: Winterweizen.

*Tab. 6.* Einfluss der meliorativen PK-Düngung auf den PK-Gehalt des 6-blättrigen, lufttrockenen Maises (Tschernosjomboden mit Kalkhüllen, Nagyhőresök). (1) Versuchsjahr. P% (Mittelwerte von den Varianten NK) und K% (Mittelwerte von den Varianten NP).

*Tab. 7.* Einfluss der meliorativen PK-Düngung auf den Kornertrag von Winterweizen, im Mittel der Jahre 1975/76/77 (Schwach humoser Sandboden, Órbottyán). (1) Variante. (2) Kornertrag.

*Tab. 8.* Einfluss der meliorativen PK-Düngung auf den Kornertrag der Halmfrüchte als Funktion des P-Versorgungsgrades des Bodens, dt/ha. (1) Versuchsort: *a)* P-Versorgungsgrad mittelmässig bis gut. *b)* P-Versorgungsgrad schlecht. (2) Jahr. (3) Variante.

*Tab. 9.* Einfluss der meliorativen und der üblichen KP-Düngung auf den Kornertrag der Halmfrüchte auf den vier Versuchsorten. (1) Variante.

*Tab. 10.* Einfluss der meliorativen P-Düngung auf den Ertrag, den P- und Zn-Gehalt, sowie auf das P/Zn-Verhältnis bei Mais im Mittel der NK-Varianten (Tschernosjomboden mit Kalkhüllen, Nagyhőresök, 1976). (1) Eigenschaften: *a)* im 6-blättrigen Stadium; *b)* Ertrag, g/20 Pflanzen; *c)* Kornertrag zur Zeit der Ernte; *d)* Ertrag, dt/ha. (2) P-Gabe, kg/ha.

*Tab. 11.* Einfluss der meliorativen PK-Düngung auf den Kornertrag von Mais, dt/ha, (Tschernosjomboden mit Kalkhüllen, Nagyhőresök, 1976). (1) K-Gabe, kg/ha. (2) P-Gabe, kg/ha.

## Изучение возможности мелiorитивного внесения фосфорных и калийных минеральных удобрений на некоторых типах почв Венгрии

И. КАДАР и Б. ЛАСТИТЬ

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

### Резюме

В различных районах Венгрии на пяти типах почвы, в период между 1973—1976 гг. изучали эффективность мелiorитивного внесения РК-минеральных удобрений. Изученные почвы различались по механическому составу, содержанию извести, гумуса и по обеспеченности фосфором и калием. На отдельных местах опыта в мелiorитивных целях внесли  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в дозах 0,500, 1000 в отдельных случаях 1500 кг/га действующих начал.

В последующие годы изучали последствие мелиорантного внесения указанных удобрений. На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Как на карбонатных, так и на кислых почвах обеспеченность АЛ—Р под влиянием внесения 500 кг/га  $P_2O_5$  повысилась на одну градацию. Для увеличения содержания в почвах АЛ—Р на 1 мг% требовалось 70 кг/га фосфора минерального удобрения, таким образом, в первом году после внесения минерального удобрения только половина внесенного фосфора находилась в форме фосфора растворимого в лактате аммония.

2. В отношении связывания во времени фосфора минеральных удобрений можно установить, что удельная потребность действующих начал минеральных удобрений, необходимая для зафосфачивания почв, была наименьшей в первом году после внесения удобрений и особенно на карбонатном гумусированном суглинистом черноземе.

3. Содержание АЛ-растворимого калия как в карбонатных, так и в кислых почвах увеличилось на одну градацию только при внесении 1000 кг/га  $K_2O$ . Для того, чтобы увеличить обеспеченность почв калием до степени обеспеченности их фосфором (который является менее подвижным элементом) следует вносить примерно двойную дозу калийных минеральных удобрений.

4. Для повышения содержания калия в суглинистых почвах требуется меньше калийных удобрений, чем в песчаных. Это явление можно объяснить тем, что одна часть калия передвигается, вымывается в нижние горизонты почвы. Размер миграции калия покажут результаты дальнейших исследований. В год, следующий за внесением минеральных удобрений, равновесное состояние не устанавливается особенно это относится к гумусированному мицелярному чернозему, где в третьем году содержание АЛ-растворимого калия снижается примерно наполовину по сравнению с первым годом.

5. Результаты анализа растительных образцов — содержание Р % в колосовых в стадии кущения — на двух местах опыта показывают благоприятную обеспеченность фосфором, в то время как на других местах эта обеспеченность была слабой или средней. Ряд по обеспеченности фосфором отдельных мест опыта, установленный на основании анализа растительных образцов, следует за обеспеченностью фосфором, установленной при почвенном анализе по методу Ольсена.

6. Содержание фосфора в колосовых, составляющее 0,29%, что означает слабую и среднюю обеспеченность этим элементом, под влиянием внесения первой мелиоративной дозы РК поднялось в среднем до 0,41% Р, т. е. до уровня благоприятной обеспеченности. По отдельным местам опыта содержание фосфора достигало 0,50%, хотя вторая мелиоративная доза уже не вызвала значительного повышения концентрации фосфора в молодых растениях.

7. Среднее содержание калия в колосовых — 2,83% — после внесения первой мелиоративной дозы РК увеличилось до 3,61%, что привело к благоприятной обеспеченности растений этим элементом. Вторая мелиоративная доза в меньшей мере сказалась на дальнейшем усвоении калия растениями. По отдельным местам опыта не удалось установить связи между содержанием в почве АЛ-растворимого К и содержанием в растении К %. Все изученные почвы были способны удовлетворить умеренную потребность колосовых в калии.

8. В противоположность этому, отзвывая на калий кукуруза, на более связном черноземе показала недостаток калия, который был устранен при внесении первой или даже второй мелиоративной дозы калия. Мелиоративное внесение РК-минеральных удобрений благоприятно влияет на обеспеченность колосовых культур фосфором, а в случае кукурузы-на обеспеченность ее не только фосфором, но и калием.

9. Прибавки урожаев, в основном, определяются степенью обеспеченности почв фосфором. На хорошо и средне обеспеченных почвах под влиянием мелиоративного внесения минеральных удобрений получили по годам прибавки урожаев, составляющие всего 5–6 ц/га, в то время как на слабо обеспеченных почвах — 13–18 ц/га. На весьма слабо обеспеченных почвах урожаи увеличились примерно в три раза. На этих почвах мелиоративные дозы оказались более эффективными по сравнению с обычными дозами ( $P_{50}K_{100}$  и  $P_{100}K_{200}$ ).

10. Агрохимической основой применения мелиоративных доз РК-минеральных удобрений является степень обеспеченности их питательными веществами. Как подтверждают прибавки урожаев, на слабо обеспеченных почвах мелиоративные дозы РК-минеральных удобрений за несколько лет окупаются и являются экономичными, на хорошо обеспеченных почвах минеральные удобрения следует вносить с целью возмещения питательных элементов, вынесенных урожаем.

11. Интенсивное внесение высоких доз минеральных удобрений оказывает сильное влияние на почву, но в то же время подвергает опасности почвенное плодородие. На кар

бонатных почвах, где содержание подвижных микроэлементов само по себе незначительное, мелиоративные дозы минеральных удобрений могут привести к недостатку этих элементов в растениях. На мицелярном черноземе, при содержании в нем выше 15–20 мг% АЛ-растворимого  $P_2O_5$ , содержание цинка в растении снижается до такой степени, или оптимальное соотношение фосфор/цинк сдвигается в такой мере, что урожай зерна кукурузы отзывчивой на цинк снижаются на 10–15 ц/га.

*Табл. 1.* Основные агрохимические показатели для пахотного слоя почв на различных местах опыта. (1) Показатели анализа почвы: а) Содержание частичек диаметром меньше 0,02 мм, %; б) Число связности по Арань; с) Гигроскопичность; д) Обеспеченность калием; е) Гумус в %; ф) Гидролитическая кислотность; г) Обеспеченность фосфором. (2) Черноземовидная бурая лесная почва (Комполт). (3) Мицелярный чернозем (Надхёрчег). (4) Иллимеризованная бурая лесная почва (Сильвашварад). (5) Карбонатный песок (Эрботтян (А)). (6) Карбонатный слабо гумусированный песок (Эрботтян(В)).

*Табл. 2.* Определение обеспеченности почв РК на основании содержания в них АЛ-растворимых РК в зависимости от основных свойств почвы по Шаркади [19]. (1) Содержание АЛ-растворимых РК в пахотных горизонтах: I. Весьма незначительное; II. Незначительное; III. Среднее; IV. Выше среднего; V. Высокое; VI. Весьма высокое; (2) Песок. (3) Суглинок. (4) Глина. А = выщелоченные черноземы, кислые луговые и лесные почвы, другие кислые глинистые почвы. В = мицелярные и насыщенные черноземы, прочие насыщенные почвы. С = карбонатные аллювиальные наносы Дуная и другие карбонатные рыхлые почвы.

*Табл. 3.* Влияние мелиоративного внесения РК-минеральных удобрений на содержание в почвах АЛ-растворимых фосфора и калия на пяти местах опыта. (1) Вариант, кг/га.

*Табл. 4.* Влияние мелиоративного внесения РК-минеральных удобрений на содержание в почвах АЛ-растворимых фосфора и калия (в среднем по всем местам опыта). (1) Группы почв: а) Более связные почвы; б) Рыхлые пески; с) Карбонатные пески; д) Кислые почвы; е) В первом году; ф) Во втором и третьем годах; г) В среднем. (2) Вариант. (3) Удельная действующее начало минерального удобрения, требуемое для увеличения содержания в почве АЛ-растворимых  $P_2O_5$  или  $K_2O$  на один миллиграмм.

*Табл. 5.* Влияние мелиоративных доз внесения РК-минеральных удобрений на содержание РК в колосовых, в % воздушносухого веса (в конце кущения — начале выхота в трубку). (1) Место опыта. (2) Год. (3) Вариант. Озимый ячмень. На остальных местах опыта озимая пшеница.

*Табл. 6.* Влияние мелиоративных доз внесения РК-минеральных удобрений на содержание РК в кукурузе в возрасте шести листьев, в пересчете на воздушно сухую навеску. (Мицелярный чернозем, Надхёрчег). Р % (в среднем от НК) и К % (в среднем от NP). (1) Год опыта.

*Табл. 7.* Влияние мелиоративного внесения РК-минеральных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы в среднем за 1975/76/77 гг (на слабо гумусированном песке, Эрбаттян). (1) Вариант. (2) Урожай зерна.

*Табл. 8.* Влияние мелиоративного внесения РК-минеральных удобрений на урожай зерна колосовых в зависимости от обеспеченности почвы фосфором, ц/га. (1) Место опыта. а) Обеспеченность фосфором выше средней. б) Слабо обеспеченные фосфором. (2) Год. (3) Вариант.

*Табл. 9.* Влияние «нормальных» и мелиоративных доз внесения РК-минеральных удобрений на урожай зерна колосовых, на четырех местах опыта. (1) Вариант.

*Табл. 10.* Влияние мелиоративного внесения фосфорных минеральных удобрений (зафосфачивания) на урожай кукурузы, на содержание в ней фосфора и цинка, а также на соотношение фосфора и цинка в среднем по вариантам НК. (Мицелярный чернозем, Надхёрчег, 1976). (1) Свойства: а) в стадии шести листьев; б) Урожай г/20 растений; с) Урожай зерна в момент уборки; д) Урожай ц/га. (2) Доза Р в кг/га.

*Табл. 11.* Влияние мелиоративного внесения РК-минеральных удобрений на урожай зерна кукурузы, ц/га, 1976. (мицелярный чернозем, Надхёрчег). (1) Доза калия, кг/га. (2) Доза-Р, кг/га.