

A talaj AL-oldható foszfortartalmának alakulása évenkénti és feltöltő műtrágyázás esetén lepelhomoktalajon

CSERNI IMRE

Zöldségtermesztési Kutató Intézet, Kecskemét

Duna—Tisza közti lepelhomoktalajon másfél évtizeden keresztül (1964—1980) kísérleteket végeztünk kukorica- és rozs-monokultúrában annak megállapítására, hogy talajaink foszforral hogyan, illetve milyen mértékben tölthetők fel. E cél érdekében vizsgáltuk a talajok P-tápanyag-ellátottságát és a P-műtrágya utóhatását, valamint diagnosztikai céllal a kísérletekben a kukorica és rozs tápanyag-ellátottságát.

Vizsgáltuk továbbá a P-tápanyagtartalom növelésének lehetőségeit évenkénti, illetve feltöltő trágyázással, az oldható P szezonális változását, valamint a P vertikális mozgását a talajban. Jelen közleményben ez utóbbiakról számolunk be. Mivel lepelhomoktalajon ilyen jellegű kísérleti munka még nem folyt, az eredmények hézagpótló adatokat szolgáltatnak a P-műtrágyázási kísérletek eddig elért eredménye-
ihez és a gyakorlati szaktanácsadáshoz.

Homoktalajaink zöme tápanyagban szegény, intenzív műtrágyázás mellett azonban kevésbé vagyunk a talaj tápanyag-szolgáltató képességére utalva. A döntő tényező a víz (csapadék) és egyebek mellett az, hogy a növényeknek milyen mértékben áll rendelkezésére felvehető tápanyag a talajban.

A nagyüzemi mezőgazdasági gyakorlat és a kutatási eredmények egyaránt bizonyítják, hogy a növények tápanyagigényén felül adott P-műtrágyával talajaink P-készlete növelhető.

A talajgazdagító P-műtrágyázás módja lehet évenkénti (lassú, fokozatos), illetve feltöltő (melioratív) adagú P-műtrágyával végzett gyors feltöltés. A lassú feltöltés gyakorlata a XX. század elejére nyúlik vissza [11] és az SCHMITT [52, 53] szerint gazdaságos volt. A nagyobb P-adagokkal, gyors feltöltéssel foglalkozó kísérleti munka is elkezdődött már a század elején. Elsősorban a foszfor és kálium talajbani megkötődését vizsgálták.

Századunk derekától új megvilágításba került a P-feltöltő műtrágyázás. SCHMITT és BRAUER [54] rámutatott, hogy P-szegény talajon nagy adagokkal célszerű feltöltő trágyázást végezni. Közleményükben hivatkoznak Wagnerre, aki kimutatta, hogy P-szegény talajon jelentős foszfor-túltrágyázást kell alkalmazni a legnagyobb hozam és nyereség érdekében.

KASTORI [19] szerint a talaj felvehető P-tartalma minden évben növekedett a foszforműtrágya növelt adagjainak a hatására. Számos külföldi és hazai közlemény számol be hasonló tapasztalatokról [1, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 30, 33, 39, 41, 45, 46, 55,

56, 57, 60]. E közlemények szerzői általában állítják, hogy a nagyobb P-műtrágyaadagok hatására nő a talajok P-tartalma az adagok nagyságától, illetve több éves alkalmazásától függően. A gyakorlatban azonban szükségessé vált annak meghatározása, hogy különböző talajtípusokon 10 ppm oldható P-tartalomnövelés hány kg P_2O_5 -hatóanyaggal érhető el. A talajok növények számára hasznosítható P-tartalmának változása ugyanis függ a trágya adagjától és a talaj tulajdonságaitól [13]. A talaj P-tartalmának a növelése közvetett cél, végső cél azonban az így kialakult jobb P-tápanyag-ellátottság birtokában a biztonságos nagy termések elérése.

KERSCHBERGER és RICHTER [26] szerint homoktalajon 83 kg P_2O_5 /ha volt szükséges a DL-oldható P-tartalom 5 ppm-mel való növeléséhez. Kötött talajon 100 kg P_2O_5 /ha 10–15 ppm-mel növelte a talaj Macsigin-oldható P-tartalmát [42].

Az oldható P-tartalom a talajban követi a P-mérleg változásait [20]. MUNK [38] is a P-mérleget meghaladó adagú P-műtrágyázást javasol. Mészlepedékes csernozjom talajon 100 kg P_2O_5 /ha szükséges 10 ppm AL-P növekedéshez [2, 3, 20, 39, 47, 48, 49]. FÜLEKY és KÁDÁR [14] és KÁDÁR [22] kísérleteiben –200 +1500 kg mérlegartományban az AL-P 10 ppm-mel, az Olsen-P 5 ppm-mel változott 100 kg P_2O_5 /ha hatására. Szoros negatív összefüggést állapítottak meg a P-mérleg és az AL-oldható P-tartalom között, akárcsak BARBER [4]. SCHACHTSCHABEL [51] szerint is átlagosan 100 kg P hatóanyag idéz elő a DL- és CAL-oldható P-tartalomban 10 ppm változást.

Mind meszes, mind savanyú talajokon 70–80 kg/ha P_2O_5 -ra volt szükség 10 ppm AL-P-növeléshez [25, 36]. Csernozjom barna erdőtalajon 70 kg/ha [40], Ramann-féle barna erdőtalajon 110–120 kg/ha [31], míg az ország különböző helyein 110–291 kg P_2O_5 /ha [32] növelte 10 ppm-mel a talajok AL-P-tartalmát. Végeredményben a kísérletekből megállapítható, hogy megközelítően 100 kg P_2O_5 /ha műtrágya-hatóanyag növeli 10 ppm-mel a talaj felső, szántott rétegének AL-P-tartalmát.

KÁDÁR [23] és LÁSZTITY és KÁDÁR [36] részletesen foglalkozott a P-feltöltő trágyázás legújabb nemzetközi szakirodalmával. Az idézett közlemények általában hangsúlyozzák, hogy a talaj P-ellátottságának növelését csak nagy, a termés által kivont foszformennyiséget jelentősen meghaladó adagokkal célszerű végezni.

Hazánkban 1973–76 között az ország különböző helyein, tipikus talajokon műtrágyázási kísérletek kezdődtek; a talajok különböző P-szintjeit feltöltő trágyázással alakították ki [14, 20, 21, 22, 24, 25, 37, 40].

A későbbiekben a kísérleteket karbonátos homok- és barna erdőtalajokra is kiterjesztették [34, 35, 36].

KÁDÁR [21, 22], FÜLEKY és KÁDÁR [14] azt vizsgálta, hogy egy gyenge P-ellátottságú talaj termékenysége helyrehozható-e egyszeri feltöltő P-adaggal, vagy hosszú évekre van ahhoz szükség. Szoros pozitív összefüggést találtak a P-műtrágya mennyisége, a búza szemtermése és a talaj AL-, illetve Olsen-módszerrel meghatározott P-tartalma között. A „jó” P-ellátottság kialakítása megállapításaik szerint történhet egyszeri művelettel vagy fokozatosan, állandó pozitív P-mérleg mellett. Hasonlóan vélekedik ZSOLDOS [61] is különböző agyagtartalmú kötött talajokon végzett vizsgálata alapján.

LÁNG [32] szerint az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek adataiból véglegesen nem lehet eldönteni, hogy fokozatosan vagy melioratív adagokkal gazdagítsuk-e a talajokat a növények számára hasznosítható foszforvegyületekben.

Alkalmazásuknál ökonómiai, népgazdasági szempontok döntenek. Országosan általában az évenkénti trágyázást javasolja, míg a feltöltő (melioratív) adagok a táblák foszforszolgáltató képességének kiegyenlítésére alkalmasak.

Az eddigi hazai feltöltő P-műtrágyázási kísérletek eredményei azt mutatják, hogy a módszer alkalmazhatósága a talajok P-tápanyag-ellátottságától függ. Foszforral rosszul ellátott talajokon még az 1000 kg P_2O_5 /ha adag is gazdaságos lehet, mert néhány év alatt megtérülhet. Foszforral jobban ellátott talajokon viszont a termék által kivont tápanyagok egyszerű visszapótlását célzó trágyázást helyes folytatni.

A nagyobb P-adagok alkalmazásának azonban gátat szabhat a P-Zn antagonizmus is. Kísérleti eredményeink alapján már több mint egy évtizede felhívtuk a figyelmet arra, hogy a csökkent Zn-tartalom esetleg gátja lehet a nagyobb termések elérésének [43]. Általában a nagyadagú P-, illetve K-műtrágyázás mikroelemhiányokat indukálhat [12, 22, 23]. Alkalmazása előtt talaj- és növényvizsgálatokkal meg kell győződni a talaj P- és K-ellátottságáról. Szükség esetén a feltöltő (melioratív) adagot kiegészítő trágyázással, pl. Zn-trágyázással kell egybekötni. Ezt ma már — főleg a kukoricát termelő gazdaságok — alkalmazzák a hazai gyakorlatban.

Kísérleti anyag és módszer

A kísérleteket Kecskeméten, a Zöldségtermesztési Kutató Intézet borbási telepén folytattuk kukorica- és rozs-monokultúrában 1964—1980 között, Duna—Tisza közti lepelhomoktalajon. A homokborítás vastagsága 70—110 cm között változott. A talaj főbb agrokémiai jellemzői a 0—20 cm-es rétegben a kísérlet kezdetekor 3 szelvényvizsgálat adatai szerint az alábbiak voltak: $pH_{KCl} = 6,5—7,1$; $pH_{H_2O} = 7,1—7,6$; humusz = 0,28—0,79%, $CaCO_3$ = nyomokban, $AL-P_2O_5 = 22—51$ ppm; $AL-K_2O = 16—44$ ppm. Tápanyagokkal tehát igen rosszul ellátott volt.

A kísérletek I. ciklusa 1964-től 1973-ig, II. ciklusa 1973-tól 1980-ig tartott.

A kukorica-monokultúrában az I. ciklusban $N_{90}K_{45}$ kg/ha/év szinten növekvő P-adagokat alkalmaztunk (0, 30, 60, 90 és 120 kg P_2O_5 /ha/év), valamint a \emptyset kezelést 6×6 -os latin négyzet elrendezésben.

A rozs-monokultúrában sávossplit-plot elrendezésben $N_{60}K_{30}$ - és $N_{90}K_{45}$ -szinten, majd 1970—73 között csak a nagyobb NK-szinten 5 sorozattal folytattuk a kísérletet a P-műtrágya növekvő adagjaival (0, 30, 60, 90 és 120 kg P_2O_5 /ha/év) és a \emptyset kezeléssel. A jelen közleményben az I. ciklusból csak a nagyobb NK-szint eredményeiről számolunk be.

A P-trágyázási múlt függvényében az I. ciklus folyamán különböző P-tápanyag-ellátottsági szintek alakultak ki. A kísérleteket ezért SARKADI JÁNOS és LÁNG GÉZA javaslatára átalakítottuk. Kukorica-monokultúrában megfeleztük, rozs-monokultúrában megharmadoltuk a parcellákat.

Az átalakítást követően, a II. ciklusban $N_{120}K_{90}$ megnövelt alpműtrágya mellett 0, 60, 120 és 180 (kukorica), illetve 0, 45, 60, 90, 120, 135 és 180 kg P_2O_5 /ha/év (rozs) „új” P-műtrágyázást alkalmaztunk minden régi P-szinten az alábbiak szerint.

A kukoricakísérletben a hosszirányban megfeleztett parcellákon 3 ismétléssel folytattuk tovább a kísérletet. Ilyen módon a két korábbi azonos kezelésű parcellára került 4 új P-kezelés.

A rozskísérletben az I. ciklusban szereplő kisebb és nagyobb NK-adagú parcellákat keresztirányban harmadoltuk. Az előzőekre a P 0, 45, 90 és 135, míg az utóbbiakra a P 0, 60, 120 és 180 kg-os kezelései kerültek. A rozskísérletben a 4—4 új P-kezelésből azonban csak három fért el egy régi azonos kezelésű parcellán, és így egy minden esetben másik azonos régi kezelésű parcellára került. A harmadolás után így itt is 3 ismétléssel folytattuk a nem teljes blokkalrendezésűvé vált kísérletet.

A műtrágyázatlan kontrollparcellákon ezen túlmenően két évben feltöltő P-műtrágyázást is végeztünk a kukoricánál 625 kg, a rozsnál 425 kg P_2O_5 /ha adaggal ($N_{120}K_{600}$ kg/ha N, illetve K_2O mellett kukoricánál, és $N_{120}K_{325}$ kg/ha N, illetve K_2O mellett rozsnál) az évenkénti (folyamatosan feltöltő) P-műtrágyázással való összehasonlítás céljából. Műtrágyaként 1973-ig 25%-os pétisót, majd ezt követően 34%-os ammónium-nitrátot, 18%-os szemcsés szuperfoszfátot és 40%-os kálisót alkalmaztunk. Vizsgáltuk, hogy milyen mértékig lehetséges, illetve célszerű talajainkat adott esetben foszforral gazdagítani, és így a már jól ellátottnak minősülő talajainkon ez az állapot miként tartható fenn.

Talajmintákat a kísérlet minden parcellájából véletlenszerűen vettünk — 5, illetve 10 pontmintából — a P(K) alapműtrágyázás előtt a kukoricakísérletben tavasszal, a rozskísérletben aratás után, 0—20 cm-es mélységből, 5 cm átmérőjű talajfúróval, az AL-P- és AL-K-tartalom vizsgálatára. A kukoricakísérletben egy alkalommal (1967) a tenyésztő folyamán 25—26 naponként hasonló módon vettünk talajmintákat szezonális vizsgálatokhoz. Végül a kísérlet befejezése után a P_0/P_0 és a P_{120}/P_{180} = átlag: $P_{146,25}$ P_2O_5 kg/ha hatóanyagot kapott kezelése parcelláiból 20 cm-enként 1 m mélységig vettünk véletlenszerűen 5—5 helyről talajmintákat a P vertikális mozgásának vizsgálatához. Az átlagmintákat szárítottuk, majd 2 mm-es lyukbőségű szitán átszitáltuk, így megfelelően homogenizáltuk azokat. A laboratóriumi vizsgálatokat ezekből végeztük el, párhuzamos beméréssel.

A talajvizsgálatokat a „Talaj- és trágyavizsgáló módszerek” c. könyv alapján [59] végeztük: a mérszartalmat Scheibler-féle kalciméterrel, a humuszt Tyurin szerint, a pH-t elektrometriásan üvegelektrodával vizsgáltuk. Az oldható P_2O_5 és K_2O AL-módszeres meghatározását SARKADI és munkatársai [50] módszerével végeztük. A P-t kolorimetriásan, a K-ot lángfotométerrel határoztuk meg.

A terméssel kivont P-tápanyagmennyiségeket 100 kg légszáras főtermésre vonatkoztatva — a hozzá tartozó mellékterméssel együtt — a kukoricánál 0,9 kg-nak, a rozsnál 1,1 kg-nak vettük SARKADI [47] nyomán. Az eredményeket SVÁB [58] szerint értékeltük.

Az eredmények ismertetése és értékelése

Kukorica-monokultúrában az első kilenc év (I. ciklus) talajvizsgálataiból megállapítható, hogy a P-kezelések eredményeként minden évben szignifikáns különbségek voltak a talaj AL-P-tartalmában a \emptyset és P_0 -kezeléshez képest. A vizsgálati évek többségében a P_{120} kg-os adag megbízhatóan nagyobb értéket mutatott, mint a kisebb adagok. Az évek előrehaladtával a P_{120} kg-os adag esetében egyre nagyobb lett a P-felhalmozódás a talajban (1. táblázat).

1. táblázat
**Az AL-oldható foszfortartalom alakulása a szántott talajrétegben,
 növekvő foszforműtrágya-adagok hatására kukorica-, ill. rozs-monokultúrákban
 (N, K alapon)**

(1) Vizsgált növény és mintavétel ideje	(2) Adott P ₂ O ₅ , kg/ha/év					(3) Keze- letlen Ø	(4) Átlag	(5) SzD _{5%}
	P ₀	P ₃₀	P ₆₀	P ₉₀	P ₁₂₀			
	P ₂ O ₅ , ppm							
A) Kukorica								
1966. március 19.	44	47	49	50	56	43	48	4
1967. március 28.	43	48	49	52	54	42	48	7
1968. március 30.	30	36	43	50	60	31	42	18
1969. április 11.	17	27	48	52	71	26	40	12
1970. április 7.	21	36	46	53	60	22	40	6
1971. március 7.	22	38	50	62	88	24	47	7
1972. március 3.	13	30	48	55	96	19	44	12
1973. március 28.	27	62	71	85	113	27	64	12
1974. április 17.	26	55	72	88	119	29	65	13
Átlag	27	42	53	61	80	29	49	
SzD _{5%}	9	10	9	15	15	11		
B) Róz								
1967. július 10.	40	47	56	68	74	43	55	14
1968. február 28.	39	40	73	91	85	39	61	18
1969. március 12.	24	35	57	66	79	29	48	16
1970. március 10.	34	57	79	91	100	35	66	21
1971. április 2.	49	71	110	118	129	50	88	22
1972. április 18.	47	55	78	129	131	33	79	25
1973. június 30.	35	77	103	125	140	39	87	21
Átlag	38	55	79	98	105	38	69	
SzD _{5%}	12	19	20	24	19	—		

Az idő függvényében a P-felhalmozódás, illetve csökkenés a különböző kezelések hatására eltérő volt. A Ø-nál és P₀-nál fokozatos volt a csökkenés. A 30 kg-os P-adagnál alig változott a talaj AL-P-tartalma. Ez arra utal, hogy 4 t/ha körüli kukorica-szemtermésnél már 30 kg P₂O₅/ha/év egyensúlyban tarthatja a talaj P-tartalmát. A P₆₀ kg hatására 72 ppm-ig tartó növekedés volt kilenc év után. A P₉₀ kg-nál változó mértékű felhalmozódás volt 88 ppm-ig, míg a P₁₂₀ kg adag hasonló tendenciát mutatott (119 ppm).

Róz-monokultúrában a P₀-kezelés talajában alig volt változás az évek során, 40-ről 35 ppm-re alakult az AL-P-tartalom. A P₃₀-P₁₂₀ kg P₂O₅/ha adagok esetében 77—140 ppm AL-P-felhalmozódást tapasztaltunk.

A növekvő adagú P-kezelések következtében az I. ciklus befejezésekor itt is szignifikáns különbségek alakultak ki. Megbízhatók voltak a különbségek a P-felhalmozódás tekintetében a P₀ és Ø kezelések kivételével. Itt nagyobb volt a P-felhalmozódás a talajban a P-kezelések hatására, még a 30 kg P₂O₅/ha/év adagnál is.

2. táblázat

**Az AL-oldható foszfortartalom alakulása a tenyészidő folyamán 1967-ben
kukorica-monokultúrában**

(1) Kezelések	(2) A talajmintavételek időpontjai							(3) SzD _{5%}
	márc. 28.	jún. 3.	jún. 29.	júl. 25.	aug. 19.	szept. 14.	nov. 15.	
	P ₂ O ₅ , ppm							
N K P ₀	43	49	42	35	30	43	33	7
N K P ₃₀	48	68	49	43	36	53	45	7
N K P ₆₀	49	75	61	47	44	54	50	7
N K P ₉₀	52	82	64	61	50	63	53	11
N K P ₁₂₀	54	89	71	65	58	74	66	11
∅	42	52	43	32	27	38	35	10
SzD _{5%}	7	9	8	10	8	9	8	

Ebből arra lehet következtetni, hogy ez a P-adag már fedezi a rozs P-tápanyagszükségletét, sőt szignifikáns felhalmozódás is volt a talajban, 47 ppm-ről 77 ppm-re (1. táblázat).

Szezondinamikai vizsgálatok

A szezonális vizsgálati eredmények szerint a talaj AL-P-tartalmában mind az időpontok, mind a P-kezelések szignifikáns különbségeket okoztak (2. táblázat).

Valójában a tenyészidő elején vett talajminták mutatták a legnagyobb AL-P-tartalmat. SIPOS és PATÓCS [56] vizsgálatai szerint is az oldható P-tartalom a tavaszi mintavétel alkalmával nagyobb volt, mint ősszel. Ezek a szezonális változások azonban nem jelentősek. A vizsgálati eredmények szerint a műtrágyaszórás előtti felvételezéskor mért szélső értékek (42—54 ppm) az őszi mintavétel eredményeihez képest (33—66 ppm) gyakorlatilag nem változtak. Egy-egy kezelés ugyanazon ellátottsági tartományon belül maradt, vagyis amely parcella talaja a tenyészidő elején szegény volt AL-P-ban, a tenyészidő végén is közel hasonló ellátottsági értéket mutatott. Ez megerősíti SARKADI [47] vizsgálatait, hogy ha egy talaj a tenyészidő elején gazdag AL-P-ban, az a tenyészidő végére is közel hasonló ellátottságú marad, és fordítva.

Feltöltő P-trágyázás

A kukoricakísérlet átalakítása után (II. ciklus) a talajvizsgálati eredmények szerint az új P-szinteken a P növelt adagjainak a hatására a talaj AL-P-tartalma zömében megbízható módon növekedett mindkét vizsgálati évben (3. táblázat).

A legnagyobb növekedés a melioratív adagok (1974—75-ben P₆₂₅ kg P₂O₅/ha) alkalmazásának eredményeként következett be: 101 ppm, a P₀/P₀ kontrollhoz mérten. A két év alatti feltöltés után az AL-P-tartalom még 1980-ban is jelentős, a talaj közepes P-ellátottságú (92 ppm) maradt.

A rozskísérletben végzett AL-P vizsgálati eredmények megközelítően hasonlítanak a kukoricakísérletben kapott eredményekhez (4. táblázat). A P-feltöltő trágyázás

(1973—74-ben P_{425} kg/ha) hatására itt is jelentősen növekedett a talaj AL-P-tartalma, átlag 109 ppm talajértéket érve el. A kísérlet befejezésekor még itt is közepes P-ellátottsági tartományban volt a feltöltő adag eredményeként az AL-P-tartalom.

A talajvizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy homoktalajaink is feltölthetők foszforral fokozatosan, vagy egyszerre nagy adagokkal. Elvileg mindkét

3. táblázat

Az AL-oldható foszfortartalom alakulása a szántott talajrétegben P-trágyázás hatására kukorica-monokultúrában (P_2O_5 , ppm)

(1) Régi P- kezelések (1964—73)	(2) Új P-szintek, P_2O_5 kg/ha/év 1973—80 között				(3) Átlag	(4) SzD _{5%}
	P ₀	P ₆₀	P ₁₂₀	P ₁₈₀		
1975. okt. 25.						
P ₀	30	63	87	85	66	
P ₃₀	50	67	120	105	86	
P ₆₀	76	90	102	152	105	
P ₉₀	95	109	138	148	123	
P ₁₂₀	114	143	150	152	140	
P ₁₂₅₀	134	115	149	126	131	
1980. ápr. 15.						
P ₀	51	116	121	166	114	44
P ₃₀	49	108	106	157	108	38
P ₆₀	68	107	139	166	120	44
P ₉₀	76	105	165	183	132	51
P ₁₂₀	86	135	172	178	143	29
P ₁₂₅₀	92	131	138	164	131	30
SzD _{5%}	26	32	37	56	—	—
Átlag	70	117	140	171	125	—

P₁₂₅₀: 1974- és 1975-ben adott 625 + 625 kg P_2O_5

módszer alkalmazható. A feltöltő trágyázással nagyobb terméseket értünk el. Általában azonban ezt nem javasoljuk, mivel a két évi terméstöbblet a feltöltő trágyázás javára sem a kukoricánál, sem a rozsnál nem volt jelentős (5. táblázat). A hatékonyság a kukoricánál a két év átlagában csupán 0,82 kg/kg és a rozsnál 1,33 kg/kg volt az átlag 90 kg P_2O_5 /ha-hoz mérten. Így a feltöltő trágyázás csak sok évi terméstöbblet biztosításával és utóhatásával válhat gazdaságossá. Éppen ezért helyette a fokozatos feltöltést javasoljuk. A kiegyenlített nagy termések elérése érdekében, táblán belüli talajheterogenitás esetén — ami talajainkon gyakori —, és ha csak a talaj alacsony P-ellátottsága a gátló tényező, célszerű a talaj megközelítő homogenizálása érdekében feltöltő P-műtrágyázás alkalmazása a talajvizsgálatokkal kimutatott P-hiányos részekben.

4. táblázat

**Az AL-oldható foszfortartalom alakulása a szántott talajrétegben
P-trágyázás hatására rozsmonokultúrában (P₂O₅, ppm)**

(1) Régi P- kezelések (1964—73)	(2) Új P-szintek, P ₂ O ₅ kg/ha/év 1973—80 között							(3) Átlag
	P ₀	P ₄₅	P ₆₀	P ₉₀	P ₁₂₀	P ₁₃₅	P ₁₈₀	
1975. szept. 15.								
P ₀	30	64	56	70	75	89	83	67
P ₃₀	59	62	80	80	92	97	123	85
P ₆₀	94	79	128	93	114	103	120	104
P ₉₀	109	86	120	95	136	101	134	112
P ₁₂₀	110	117	120	119	122	119	154	123
Átlag	80	82	101	91	108	102	123	98
P ₈₅₀	114	116	104	109	119	98	104	109
1980. júl. 22.								
P ₀	48	66	83	114	125	114	160	101
P ₃₀	57	73	104	107	123	143	158	109
P ₆₀	62	91	106	94	117	128	154	107
P ₉₀	73	88	99	119	171	120	169	120
P ₁₂₀	79	95	126	128	138	144	175	126
P ₈₅₀	82	94	117	122	136	167	181	128
Átlag	67	85	106	114	135	136	166	115

P₈₅₀ = 1973 és 1974-ben adott 425 + 425 kg P₂O₅

Az oldható P vertikális mozgása

A régi P-szintek közül a P₁₂₀-ra épített új P-szintek hatása kisebb volt az AL-P-tartalom növekedésére, mint a régi P₀-szinten. Magasabb talaj P-ellátottsági szinten a felhalmozódás kissé lelassult, jóllehet a nagyobb tápanyagelvonást a termékek nem indokolták (6. táblázat).

5. táblázat

A feltöltő foszformútrágyázás hatékonysága

(1) Vizsgált növény	(2) Kísérleti év	(3) Feltöltő adag		P ₉₀ (P ₀ - P ₁₈₀)	(5) Termés- többlet, t/ha	(6) Hatékonyság, kg/kg
		625	425			
		P ₂ O ₅ kg/ha/év				
		(4) Szemtermés, t/ha				
A) Kukorica	1974	3,10	—	2,95	0,15	0,28
	1975	4,85	—	4,12	0,73	1,36
B) Rozs	1974	—	4,35	3,91	0,44	1,39
	1975	—	3,01	2,61	0,40	1,27

6. táblázat
Az 1974—79. évi átlag szemtermések és az 1980. évi talajvizsgálati
eredmények kukorica-monokultúrában

(1) Régi P- kezelések (1964—73)	(2) Vizsgált tényezők	(3) Új P-szintek, P ₂ O ₅ kg/ha/év (1973—80)				(4) Átlag
		P ₀	P ₆₀	P ₁₂₀	P ₁₈₀	
P ₀	a) Termés, t/ha	1,60	2,24	2,69	3,07	2,40
	b) Talaj P ₂ O ₅ , ppm	51	116	121	166	114
P ₁₂₀	a) Termés, t/ha	2,47	2,92	2,78	2,84	2,76
	b) Talaj P ₂ O ₅ , ppm	86	135	172	178	143
P ₁₂₅₀	a) Termés, t/ha	2,59	2,92	2,96	3,39	2,97
	b) Talaj P ₂ O ₅ , ppm	92	131	138	164	131

P₁₂₅₀: 1974 és 1975-ben adott 625 + 625 kg P₂O₅

Mivel az AL-P-tartalom nem növekedett az I. ciklus ütemének mértékében, ezért a kísérlet befejezésekor megvizsgáltuk a P-műtrágyázás hatását a talaj mélyebb szintjeiben. A vizsgálat céljára a P-műtrágyát nem kapott kezelés P₀/P₀ és a legnagyobb adagú P-műtrágyás P₁₂₀/P₁₈₀ = átlag: 146,25 kg P₂O₅ kg/ha/év kezelés talajmintáinak vizsgálati eredményeit hasonlítottuk össze 1980-ban, a kísérlet befejezésekor (7. táblázat).

A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a P-műtrágyázás hatására a P-felhalmozódás a felső 0—20 cm-es talajrétegben a legkifejezettebb. A 21—40 cm-es talajréteg is lényegesen gazdagabb lett AL-P-ban a P_{146,25} kg/ha/év hatására a P₀/P₀ kontrollal szemben. A talajműveléssel azonban legfeljebb 25 cm-re kerülhetett P-műtrágya, ami annál lejjebb található, az a talaj mélyebb rétegeibe való vándorlás eredménye, csapadék hatására. A vizsgálati eredmények szerint a talaj 41—60 cm-es mélységében is megbízható különbségek voltak az AL-P-tartalomban, a P₀/P₀ és a P_{146,25} között. Arányait tekintve azonban itt is közel háromszoros volt az AL-P mennyisége, mint a 0—20, illetve 21—40 cm-es mélységben. Ezt követően is — a vizsgált 100 cm-ig — következetesen, de nem számottevően volt nagyobb az AL-P-tartalom.

Eredményeink szerint kolloidokban és humuszban szegény (0,3—0,4%) homok-talajaink esetében a sok éven keresztül rendszeresen nagy, közel P₁₅₀ kg P₂O₅/ha/év

7. táblázat
Az AL-oldható foszfor vertikális mozgása a talajban (1980)

(1) Kezelés (1964—73, ill. 1973—80)	(2) Mélység, cm					(3) SzD _{5%}
	0—20	21—40	41—60	61—80	81—100	
	P ₂ O ₅ , ppm					
P ₀ /P ₀	51	41	24	16	18	37
P ₁₂₀ /P ₁₈₀	178	153	64	42	27	

8. táblázat

**A P-mérleg alakulása az egyes kezelésekben
kukorica-monokultúrában (P_2O_5 , kg/ha)**

(1) Vizsgált év	(2) Régi P-kezelések, P_2O_5 kg/ha/év 1964—73 között					
	P_0	P_{30}	P_{60}	P_{90}	P_{120}	\emptyset
I. ciklus						
1965	-42	-8	22	46	71	-41
1966	-83	-20	39	92	157	-77
1967	-123	-30	57	138	238	-107
1968	-158	-34	81	191	326	-124
1969	-195	-44	101	235	408	-143
1970	-235	-57	118	280	486	-165
1971	-273	-67	137	328	265	-190
1972	-313	-79	156	372	644	-215
1973	-343	-82	180	421	728	-235

(2) Régi P- kezelések	(3) Új P-szintek, P_2O_5 kg/ha/év 1973—80 között				(4) Átlag
	P_0	P_{60}	P_{120}	P_{180}	
II. ciklus					
1975.					
P_0	-392	-288	-169	-58	-212
P_{30}	-159	-30	90	216	29
P_{60}	111	228	352	469	290
P_{90}	345	463	583	708	525
P_{120}	655	775	903	1023	839
P_{1250}	947	946	946	941	945
1979.					
P_0	-430	-104	231	571	67
P_{30}	-212	147	509	857	325
P_{60}	180	409	756	1091	609
P_{90}	293	617	967	1328	801
P_{120}	594	929	1298	1655	1119
P_{1250}	885	1098	1336	1552	1218

P_{1250} : 1974 és 1975-ben adott 625+625 kg P_2O_5

adagok esetén a P kimutathatóan mélyebb szintekbe is vándorol, ahol gazdagítja a talajt AL-P-ban. Ott a foszfor hosszú időn át hozzáférhető a mélyen gyökerező növények részére, és így tápanyagtartalékul szolgálhat. Ily módon a P-műtrágyázás a P-tápanyagbázis növelését segíti elő, megteremtve a nagyobb termések biztonságosabb elérésének feltételeit.

A foszfornek ez a vertikális mozgása nem nagy, de elérheti a 0,5—1,6 cm-t évenként, ami feltételezhetően az adagok nagyságának, a csapadék mennyiségének, a

9. táblázat

 A P-mérleg alakulása az egyes kezelésekben rozs-monokultúrában (P_2O_5 kg/ha)

(1) Vizsgált év	(2) Régi P-kezelések P_2O_5 kg/ha/év 1964—73 között					
	P_0	P_{30}	P_{60}	P_{90}	P_{120}	\emptyset
I. ciklus						
1967	-63	24	112	199	288	-45
1968	-87	27	143	261	377	-65
1969	-98	39	182	330	477	-74
1970	-113	51	223	401	577	-84
1971	-49	53	254	463	669	-50
1972	-164	49	280	521	758	-120
1973	-184	51	310	582	845	-137

(2) Régi P-kezelések	(3) Új P-szintek, P_2O_5 kg/ha/év 1973—80 között							(4) Átlag
	P_0	P_{45}	P_{60}	P_{90}	P_{120}	P_{135}	P_{180}	
II. ciklus								
	1975.							
P_0	-244	-162	-135	-76	-17	11	92	-76
P_{30}	-17	67	100	154	212	254	339	158
P_{60}	235	325	359	417	475	502	593	415
P_{90}	504	594	626	685	744	772	864	684
P_{120}	761	850	880	945	1013	1028	1126	943
P_{950}	632	634	633	632	634	628	627	
	1980.							
P_0	-345	-69	30	237	444	542	854	242
P_{30}	-138	149	266	469	679	790	1096	473
P_{60}	123	421	536	738	934	1038	1353	735
P_{90}	384	690	794	1004	1205	1217	1637	990
P_{120}	637	945	1040	1266	1472	1566	1883	1258
P_{950}	510	724	794	942	1101	1162	1378	944

P_{950} : 1974 és 1975-ben adott 425 + 425 kg P_2O_5

homoktalaj szervesanyag-tartalmának, pH-jának és esetleg más tényezőknek is függvénye. A P-tápanyag vertikális mozgásának lehetőségét a korábbi kutatási eredmények sem zárják ki, csupán a mértékét tartják elenyészőnek [10, 27, 28, 29, 44]. Meg kell azonban azt is jegyezni, hogy az AL-módszer nem alkalmas a P-mozgás egzakt tanulmányozására. Az eredmények mégis arra hívják fel a figyelmet, hogy rendszeresen nagyobb adagú (P_{150} kg P_2O_5 /ha/év) P-trágyázás mellett a talaj P-tápanyagtartalmának pontosabb megítéléséhez a szántott talajréteg alatti vizsgálatok szükségessége is előtérbe kerül a humuszban nagyon szegény lepelhomoktalajok műtrágyaigényének becslésére.

10. táblázat

A P-mérleg és az AL-oldható foszfortartalom összefüggéseinek egyenletei

(1) Vizsgált év	(2) Kezelések	(3) Egyenletek	n	r	(4) 10 ppm növekedés- hez szükséges P ₂ O ₅ kg/ha
1967—73 1980	a) Minden kezelés b) Régi P-szintek	$y = 49,4707 + 1,1071x$	42	0,8792***	93
	P ₀	$y = 77,1150 + 0,0930x$	7	0,9541***	108
	P ₃₀	$y = 70,5810 + 0,0830x$	7	0,9832***	120
	P ₆₀	$y = 57,2173 + 0,0683x$	7	0,9600***	146
	P ₉₀	$y = 36,8549 + 0,0838x$	7	0,9054***	119
	P ₁₂₀	$y = 34,4679 + 0,0731x$	7	0,9691***	137
1967—73, 1975, 1980	a) Minden kezelés	$y = 62,8415 + 0,0693x$	126	0,8709***	144

*** P 0,1%-on szignifikáns

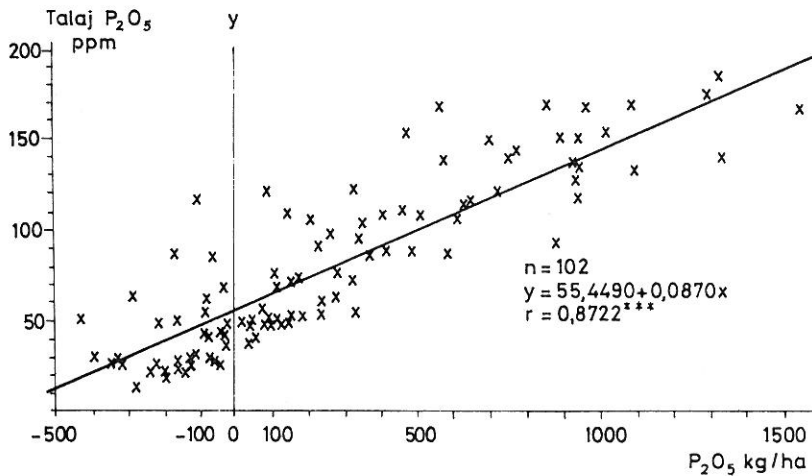
Foszformérlegek és foszforhasznosulás

Kukorica-monokultúrában a parcellák P-mérlege a P₀ és a kontroll esetében az évek előrehaladtával egyre negatívabb. Hasonló a helyzet a P₃₀-kezelésnél is, csak lényegesen kisebb mértékben. A műtrágyázatlan \emptyset kezelés P-mérlege kevésbé negatív, mint a P₀-kezelésé, ami természetes is, hiszen annak termése lényegesen kisebb volt. Ezzel szemben a P₆₀-, P₉₀- és P₁₂₀-kezelések P-mérlege kezdettől fogva pozitív, és az évek múlásával egyre pozitívabbá vált.

11. táblázat

P-tápanyagmérleg és tápanyag-hasznosulás
1964—73. évek átlaga (I. ciklus)

(1) Vizsgált tényezők	(2) Adott P ₂ O ₅ , kg/ha/év					
	P ₀	P ₃₀	P ₆₀	P ₉₀	P ₁₂₀	\emptyset
A) Kukorica						
a) Kivont P ₂ O ₅ , kg/ha/év	38,1	39,1	40,0	43,2	39,2	26,1
b) Egyenleg	-38,1	-9,1	20,0	46,8	80,8	-26,1
c) Kivont többlet	-	1,0	1,9	5,1	1,1	-
d) P-hasznosulás %	-	3	3	6	1	-
B) Rozs						
a) Kivont P ₂ O ₅ , kg/ha/év	20,5	24,3	25,6	25,3	26,2	15,3
b) Egyenleg	-20,5	5,7	34,4	64,7	93,8	-15,3
c) Kivont többlet	-	3,8	5,1	4,8	5,7	-
d) P-hasznosulás %	-	12	9	5	5	-



1. ábra

A P-mérleg és az AL-oldható foszfortartalom összefüggése kukorica-monokultúrában. Megjegyzés: 1964—1973 (minden év és kezelés $9 \times 6 = 54$), ill. az 1975 és 1980 évi (régí P-szintenkénti $2 \times (6 \times 4) = 48$) mérleg adatai alapján

A kísérlet I. ciklusában a P-mérleg -343 és $+728$ kg P_2O_5 /ha között volt (8. táblázat).

A kísérlet átalakítása után a II. ciklus második évében (1975) a növekvő P-szintek hatására a P-mérleg minden régi P-kezelés szintjén pozitív irányba változott. Az új P_0 -szinten a régi P_0 és P_{30} további csökkenése, míg a P_{60} -adagtól növekedés figyelhető meg.

A két éven keresztül $P_{62,5}$ kg P_2O_5 /ha hatására a kontrollparcellák P-mérlege jelentősen megnőtt, átlagosan 945 kg P_2O_5 /ha-ra.

A kísérlet 15. évére az új nagyobb P-adagok még tovább pozitív irányba tolták el a P-mérleget. Az utolsó értékelt évben (1979) a P-mérleg -430 és $+1552$ kg P_2O_5 /ha között volt.

A kukoricakísérletben a P-mérleg és talaj AL-P-tartalma között $0,1\%$ -os szinten volt megbízható összefüggés. Az egyenes egyenlete szerint az AL-P-tartalom 10 ppm-mel való növeléséhez 115 kg P_2O_5 /ha-ra volt szükség (1. ábra) kísérleti viszonyaink között lepelhomoktalajon ($b = 8,70$ ppm AL- P_2O_5 /100 kg P_2O_5 /ha).

Rozs esetében az első 9 évben az évenként adott 30 kg foszfor hatására a mérleg nem került negatív tartományba (9. táblázat). Ebben a ciklusban azonban P-műtrágyát nem kapott talaj P-mérlegét a II. ciklusban a 45 kg P_2O_5 /ha/év 7 év alatt sem tudta egyenlegbe hozni (-69 kg P_2O_5 /ha). Az évi P_{60} -adag azonban már mindössze 35 ppm-es talajnál is pozitív tartományba hozta a P-mérleget (30 kg P_2O_5 /ha).

A fontosabb egyenleteket a 10. táblázatban tüntetjük fel. Az egyenletekből látható, hogy az I. ciklusban 10 ppm AL-P-növeléshez 93 kg P_2O_5 /ha-ra, míg a II. ciklusban régi P-szinten 108 — 146 kg/ha-ra volt szükség.

A tápanyagmérleg adatai jól tükrözik az egyes kezelések talajainak P-ellátottságában fennálló különbségeket. Ilyen módon tehát a talajban kialakult különbségeket — melyek a P-trágyázott, a trágyázatlan \emptyset , illetve a P-trágyázatlan kezelések között kialakultak — egyfelől az évente adott foszfortrágya hatására létrejött növekedés, másfelől az évenkénti folytonos növényi elvonás okozta csökkenés eredőjének foghatjuk fel.

Összevetve a kukorica és a rozs P-tápanyagmérlegét és tápanyag-hasznosulását az I. ciklusban, látható, hogy a tápanyagmérleg P_{30} kg P_2O_5 /ha évi adagnál kukorica esetében $-9,1$, míg rozs esetében $+5,7$ kg/ha/év. Azt követően a P-adagok növekedésével a mérleg mindkét növénynél egyre pozitívabbá vált. Természetszerűleg a legnegatívabb értéket a trágyázatlan kontrollkezelések adták, mind a kukoricánál, mind a rozsnál: $-26,1$, illetve $-15,3$ kg/ha/év (11. táblázat).

A különbségmódszerrel számított P-hasznosulás a kukorica esetében mindössze $1-6\%$, ami annak igen rossz P-trágyareakcióját mutatja, míg a rozsnál magasabb, $5-12\%$ közötti volt. Az egyenleg a kukoricánál $30-40$ kg P_2O_5 /ha évi adagnál, a rozsnál pedig $20-30$ kg körül alakult ki.

Összefoglalás és következtetések

Kecskeméti lepelhomoktalajon kukorica- és rozs-monokultúrában végeztünk kísérleteket 1964—80 között. A kísérlet I. ciklusában (1964—73) $N_{90}K_{45}$ alapműtrágya mellett a P növekvő adagjait alkalmaztuk (0, 30, 60, 90 és 120 kg P_2O_5 /ha/év) és \emptyset kezelést, melynek révén különböző tápanyag-ellátottsági szintek alakultak ki. Ezeket az új szinteken vizsgáltuk a II. ciklusban (1973—80) nagyobb ($N_{120}K_{90}$) alapműtrágyázás mellett a P növelt adagjait (0, 45, 60, 90, 120, 135 és 180 kg P_2O_5 /ha/év), valamint a feltöltő (melioratív) P-műtrágyázást (kukoricánál 1974—75-ben P_{625} és rozsnál 1973—74-ben P_{425} kg P_2O_5 /ha adagokkal).

A kísérletekből megállapítható, hogy a lepelhomoktalajok AL-P-tartalmának szezonális változásai nem jelentősek. A talajok ugyanazon ellátottsági tartományban maradtak a tenyészidő végén, ahol a tenyészidő kezdetén voltak.

Talajaink évenként kisebb ($30-180$ kg P_2O_5 /ha/év) vagy egyszerre nagyobb (850 , illetve 1250 kg P_2O_5 /ha/2 év) P-adagokkal is feltölthetők. A feltöltő trágyázással nagyobb terméseket értünk el, azonban a hatékonyság az évenkénti átlag 150 kg P-adaghoz mérten csak 1 kg körüli volt. Éppen ezért általában azt nem javasoljuk. Csúpan táblákon belüli talajheterogenitás esetén — ami nálunk gyakori — célravezető a talaj megközelítő homogenizálása érdekében feltöltő trágyázás a P-hiányos részekben. Eredményeink szerint általában az évenkénti pozitív mérlegű P-műtrágyázás a célszerű.

Alacsony mész- és humusztartalmú ($0,3-0,4\%$) homoktalajokon — rendszeresen nagyobb P-adagok alkalmazása esetén (átlag: 150 kg P_2O_5 /ha/év) —, számolni kell a P vertikális mozgásával. Ezért szükségessé válik a mélyebb rétegek vizsgálata a P-tartalom pontosabb megítéléséhez, a műtrágyaigény becslésére.

A tápanyagmérleg adatai jól tükrözik az egyes kezelések talajainak P-készletében fennálló különbségeket. Talajaink AL-P-tartalmának 10 ppm-mel való növeléséhez a kukoricakísérletben 115 kg P_2O_5 /ha-ra, míg a rozskísérletben $90-$

140 kg/ha P_2O_5 -re volt szükség. Foszfórral rosszul ellátott talajokon a tervezett termés P-igényét is meghaladó P-trágyázást, közepesen, illetve jól ellátott homoktalajokon pedig a termés által kivont tápanyagok pótlását biztosító trágyázást célszerű folytatnunk.

A különbségmódszer szerinti P-hasznosulás 1—12% közötti volt. A talaj tápanyagmérlege a kukorica esetében 30—40 kg P_2O_5 /ha/év, a rozs esetében pedig 20—30 kg P_2O_5 /ha/év adag hatására jutott egyenlegbe.

Irodalom

- [1] ALBERSMANN, W. & GERICKE, S.: Ergebnisse von Phosphatdüngungsversuchen im Rheinland. Phosphorsäure. **27.** 144—160. 1967.
- [2] BALLA, H.: The value of residual fertilizer NPK and phosphorus in a long-term experiment. Agrokémia és Talajtan. Suppl. **23.** 86—92. 1974.
- [3] BALLA A-NÉ: Szerves- és műtrágyák utóhatása 12 éves trágyázás után. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1.** 112—116. NEVIKI. Veszprém. 1974.
- [4] BARBER, S. A.: Soil phosphorus after 25 years of cropping with five rates of phosphorus application. Commun. Soil. Sci. Pl. Anal. New York. **10.** 1459—1468. 1979.
- [5] BAUER F.: Növénytermesztés és tápanyaggazdálkodás Duna—Tisza közti homoktalajokon. Akadémiai doktori értekezés. Kecskemét. 1976.
- [6] BREUNIG, W. & SCHNIEDER, E.: Über die Wirkung der mineralischen und organischen Düngung in einem Thyrower Dauerdüngungsversuch. Arch. Acker. Pflbau. Bodenk. **16.** 665—677. 1972.
- [7] CSERNI I.: Foszfórhatalás vizsgálata kukorica és rozs monokultúrában kecskeméti lepelhomok talajon. Egyetemi doktori értekezés. Gödöllő. 1970.
- [8] CSERNI I.: A talaj oldható foszfortartalmának évenkénti szezondinamikai változása és a tartalékoló foszfortrágyázás Duna—Tisza közti lepelhomoktalajon. Agrártud. Közlem. **30.** 511—514. 1971.
- [9] CSERNI I.: Különböző foszforműtrágya-adagok hatása a kukorica beltartalmának és a talaj foszfortartalmának változásaira a Duna—Tisza közti lepelhomok talajon. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1.** 98—104. NEVIKI. Veszprém. 1973.
- [10] DAMASKA, J. & VOPLAKAL, K.: Vliv vysokých dávek průmyslových hnojiv na skupinové složení pudních fosfátů. Rostl. Vyr. Praha. **26.** 839—846. 1980.
- [11] DORNER B.: A kereskedelmi trágyák történelme, gyártása és használata. Athenaeum. Budapest. 1925.
- [12] ELEK É. & KÁDÁR I.: A foszforműtrágyázás hatása a makro- és mikrotápanyagok felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1.** 89—93. NEVIKI. Veszprém. 1975.
- [13] FÜLEKY GY.: A talaj foszforállapotát és könnyen oldható foszfortartalmát befolyásoló fontosabb tényezők. Kandidátusi értekezés. Budapest. 1977.
- [14] FÜLEKY GY. & KÁDÁR I.: A talaj P-állapotának változása tartamkísérletben. I. Agrokémia és Talajtan. **24.** 29—45. 1975.
- [15] GERICKE, S.: Die Wirkung der Phosphorsäure auf den Stoffgehalt der Pflanzen. Phosphorsäure. **20.** 94—106. 1960.
- [16] GERICKE, S.: Die Wirkung Langjähriger Phosphatdüngung auf Boden und Pflanze. Phosphorsäure. **25.** 186—210. 1965.
- [17] GERICKE, S. & BARMANN, C.: Die Wirkung steigender Phosphatgaben bei langjähriger Anwendung auf Ertrag und Nährstoffgehalt der Pflanzen. Phosphorsäure. **23.** 255—285. 1963.

- [18] GORALSKI, J. & MERCIK, S.: Zmasowane stosowanie fosforu i potasu w znianowaniu i picciopolowym. Roczn. Nauk. Roln. **99**, 53—65. 1973.
- [19] KASTORI, L.: Uticaj rastucih doze fosfornog i kalijumovog tubriva na sadržaj lakoprirstupacnog fosfora i kalijuma u zemjistu. Savremona poljoprivreda. Novi Sad. **12**, 11—17. 1964.
- [20] KÁDÁR I.: A foszforműtrágyázás hatákonysága különböző foszforellátottságú talajon. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1**, 141—147. NEVIKI. Veszprém. 1974.
- [21] KÁDÁR I.: A melioratív foszforműtrágyázás lehetőségei. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. **1**, 85—88. NEVIKI. Veszprém. 1975.
- [22] KÁDÁR I.: Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyag-ellátottsága között. Kandidátusi értekezés. Budapest. 1978.
- [23] KÁDÁR I.: A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. Agrokémia és Talajtan. **29**, 577—594. 1980.
- [24] KÁDÁR, I., ELEK, É., KAZÓ, B. & VARGA, GY.: Vlijanie vozrastajuscsih doz mineralnih ubodrenij na pocsvu i rasztenija. 5th Cong. Jug. Soil. Sci. Sarajevo. 409—416. 1976.
- [25] KÁDÁR I. & LÁSZTITY B.: A feltöltő foszfor- és káliumműtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan. **28**, 123—142. 1979.
- [26] KERSCHBERGER, M. & RICHTER, D.: Untersuchungen zur Erhöhung des P-Gehalts im Boden. (DL-Methode). Arch. Acker. Pflbau. Bodenk. **16**, 915—919. 1972.
- [27] KNAUER, N.: Einfluss steigender Phosphatgaben auf Boden und Pflanzen in Langjährigen Düngungsversuchen. Z. Acker und Pflbau. **124**, 41—58. 1966.
- [28] KOZÁK M.: Tápanyagmozgás tanulmányozása meszes homoktalajon. MTA. Agr. Oszt. Közlem. **19**, 299—314. 1961.
- [29] KOZÁK M.: P³²-vel jelzett szuperfoszfát-műtrágya talajbahatolásának vizsgálata meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. **10**, 217—222. 1961.
- [30] KREYBIG L.: Különféle trágyaszerek talajra gyakorolt hatásának tanulmányozása tenyészedényekben. Agrokémiai Kutató Intézet Évkönyve. **1**, 29—45. 1952.
- [31] LÁNG G.: Foszforműtrágyázási tartamkísérletek. Nemez. Mezőgazd. Szemle. (1) 46—51. 1978.
- [32] LÁNG G.: Ammoniumlaktát-oldható foszfátmennyiség változása rendszeres műtrágyázás hatására különböző talajokon. Agrokémia és Talajtan. **28**, 417—430. 1979.
- [33] LÁNG I.: Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajon. Akadémiai doktori értekezés. Budapest. 1973.
- [34] LÁSZTITY B.: A foszfor- és káliumműtrágyázás hatásának vizsgálata őszi búza jelzőnövény-nyel. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 47—52. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [35] LÁSZTITY B. & GULYÁS F.: A nagyadagú foszfor- és kálium-műtrágyázás hatása a talaj felvehető foszfor- és káliumtartalmának alakulására, a búza termésére és a talaj cellulózbontó aktivitására. Növénytermelés. **27**, 323—330. 1978.
- [36] LÁSZTITY B. & KÁDÁR I.: Adatok a feltöltő PK-műtrágyázás vizsgálatához barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan. **27**, 119—129. 1978.
- [37] LÁSZTITY B., KÁDÁR I. & ELEK É.: A foszfor- és káliumműtrágyázás növényre gyakorolt hatásának vizsgálata karbonátos homokon. Agrokémia és Talajtan. **27**, 130—140. 1978.
- [38] MUNK, H.: Phosphatdüngung-Phosphatverfügbarkeit. Phosphorsäure. **29**, 35—56. 1971.
- [39] NGUYEN NGOC XUAN: Az istállótrágyák és műtrágyák hatása csernozjom típusú talajok tápanyagtartalmára. Kandidátusi értekezés. Budapest. 1974.
- [40] PEKÁRY K. & HOLLÓ S.: A feltöltő PK-trágyázás hatása a talajra és a termésre csernozjom barna erdőtalajon. Növénytermelés. **28**, 163—174. 1979.
- [41] PILASKI, W. & WALDEN, O.: Ergebnisse von Düngungsversuchen mit hohen Thomasphosphatgaben. Phosphorsäure. **27**, 79—87. 1967.

- [42] PONOMAREVA, A. T.: Szoderzsanie podvizsnogo foszfora v pocseve v zaviszimoszti ot udobrenij i korreljativnaja szvjaz sz urozsajnosztju. *Agrohimiya*. (6) 17—23. 1973.
- [43] PROHÁSZKA K. & CSERNI I.: Növekvő foszforműtrágya-adagok hatása a monokultúrában termesztett kukorica szemtermésének Mn-, Zn- és Cu-tartalmára Duna—Tisza közeli lepelhomok talajon. *Növénytermelés*. **18**. 75—81. 1969.
- [44] RATNER, E. I.: A növények táplálkozása és a trágyázás. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1963.
- [45] REINHARDT, F.: Ergebnisse eines Phosphorsäure Dauerdüngungsversuches auf leichten Sandböden aus den Jähren 1950—1954. *Phosphorsäure*. **15**. 238—244. 1955.
- [46] RIEHM, H. & WICHENS, E.: Ergebnisse von Bodenuntersuchungen im Bundesgebiet 1955—1965 und ihre Auswirkung auf die Düngenanwendung. *Phosphorsäure*. **27**. 36—46. 1967.
- [47] SARKADI J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1975.
- [48] SARKADI, J.: Einfluss von organischen und Mineraldüngern auf die Fruchtbarkeit tschernoemartiger Böden. *CICRA. Simposium*. 1975. juni 10—13. Georgikon Napok. Keszthely. 204—219. 1975.
- [49] SARKADI, J. & KÁDÁR, I.: The interaction between phosphorus fertilizer residues and fresh phosphate dressings in a chernozem soil. *Agrokémia és Talajtan. Suppl.* **23**. 93—100. 1974.
- [50] SARKADI J., KRÁMER M. & THAMM F.-né: Kalcium- és ammóniumlaktátos talajvizsgálatok P-tartalmának meghatározása aszkorbinsavonkloridos módszerrel melegítés nélkül. *Agrokémia és Talajtan*. **14**. 75—86. 1965.
- [51] SCHACHTSCHABEL, P.: Phosphatdüngung an Abhängigkeit von Phosphatgehalt im Boden. *Z. Acker Pflbau*. **149**. 191—205. 1980.
- [52] SCHMITT, L.: Die phosphorsäure in ihren Zusammenwirken mit den anderen Pflanzennährstoffen. Eine zeitgemässe Betrachtung zur Phosphat-Düngungsfrage. *Archiv der Deutscher Landwirtschafts-Gesellschaft*. **13**. 144—162. 1954.
- [53] SCHMITT, L.: Wirkung der Thomasphosphatdüngung in den ältesten Feld- und Wiesendüngungsversuchen 1900—1965. *Phosphorsäure*. **27**. 1—24. 1967.
- [54] SCHMITT, L. & BRAUER, A.: Ein zwölfjähriger Phosphatversuch auf Dauergründland des Vogelsbergs. *Phosphorsäure*. **28**. 39—55. 1969.
- [55] SEIBERTH, W.: Phosphatversorgung und Bodenfruchtbarkeit. *Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft*. Frankfurt/M. **75**. 1019—1020. 1960.
- [56] SIPOS S. & PATÓCS I.: A műtrágyázás tartós alkalmazásának hatása a talaj néhány kémiai tulajdonságára és a termésre. *Agrokémia és Talajtan*. **24**. 303—312. 1975.
- [57] STOCKER, K. & GERICKE, S.: Wirkung langjähriger Phosphatdüngung auf Acker- und Grünland. *Phosphorsäure*. **27**. 113—143. 1967.
- [58] SVÁB J.: *Biometria* i módszerek a kutatásban. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1981.
- [59] Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. (Szerk.: BALLENEGGER R. & DI GLÉRIA J.) *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1962.
- [60] TAMM, E. & EBERHARDT, W.: Die Einwirkung verschiedener Bodenbearbeitungs — und Düngungsmassnahmen auf den chemischen Zustand und die Ertragsleistung eines lehmigen Sandbodens. *Z. Acker-Pflbau*. **106**. 361—406. 1958.
- [61] ZSOLDOS L.: Különböző agyagtartalmú talajok foszfor megkötődése. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 431—436. 1979.

Érkezett: 1982. december 1.

The AL-Soluble P Content of a Sand Mantled Soil as Affected by Various Methods of Fertilizer Application

I. CSERNI

Vegetable Research Institute, Kecskemét (Hungary)

Summary

Between 1964—1980 experiments were conducted to compare the effectiveness of annual P fertilizing with that of reserve P fertilizer application on a sand mantled soil under maize and rye monocultures, respectively, between the rivers Danube and Tisza. Vertical P movements, the seasonal changes in the P content of the soil, as well as P utilization were studied, too.

At the beginning of the experiment the more important agrochemical characteristics of the soil in the top 0—20 cm layer were as follows: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$: 7.1—7.6; pH_{KCl} : 6.5—7.1; humus: 0.28—0.79%; CaCO_3 : in traces; AL-soluble P_2O_5 : 22—51 ppm; AL-soluble K_2O : 15—44 ppm.

In the first part of the experiment (1964—1973) various combinations of $\text{N}_{90}\text{K}_{45}$ and 0, 30, 60, 90, 120 kg P_2O_5 /ha/yr were applied and consequently the P supplies of the experimental plots became different.

In the second part of the experiment (1973—1980) the N and K levels were raised to 120 and 90 kg/ha/yr, respectively, and applied in combination with 0, 60, 120, 180 kg P_2O_5 /ha/yr for maize and 0, 45, 60, 90, 120, 135, 180 kg P_2O_5 /ha/yr for rye. The yield increasing effects of these treatments were compared to those of P_{625} kg P_2O_5 /ha applied for maize in 1974—1975 and P_{425} kg P_2O_5 /ha given to rye in 1973—1974.

It has been found that the seasonal changes in the AL-soluble P content of a sand mantled soil are not significant. The P supplies of the experimental plots were within the same respective range at the beginning and at the end of the growing season.

If the P balance of the soil is positive, then the P reserve may be built up either gradually by the annual application of lower fertilizer doses (30—180 kg P_2O_5 /ha/yr, or all at once, by giving high P doses (850 and 1250 kg P_2O_5 /ha/2yrs., respectively). Reserve fertilizer application brought about higher yields, but its effectiveness was hardly more (about 1 kg) than that of the P_{150} dose.

Economic considerations lead us to suggest that reserve P fertilization should only be applied to spots low in P within a larger field to ensure a more or less uniform P supply, otherwise the annual application of lower doses is expedient.

When P is applied annually at higher rates (~ 150 kg P_2O_5 /ha/yr), vertical P movements occur in sandy soils low in humus (0.3—0.4%). A part of the applied P fertilizer migrates to the deeper layers. When the P fertilizer requirements of such soils are evaluated, the P content of the deeper layers should also be determined and taken into account.

The data of nutrient balance clearly show the differences in the P supplies of the various experimental plots. To increase the AL-soluble P content of the soil by 10 ppm 115 kg P_2O_5 /ha was needed under maize, and 90—140 kg P_2O_5 /ha under rye. On soils low in P the applied P dose should exceed the P requirement of the expected yield, while on soils with moderate or good P supplies the applied P dose should compensate for the amount taken up by the yield.

P utilization calculated with the difference method varied between 1—12%. The nutrient supply of the soil under maize was balanced by 30—40 kg P_2O_5 /ha/yr, while the corresponding dose was 20—30 kg under rye.

Table 1. The AL-soluble P content (P_2O_5 ppm) of the plowed layer as affected by increasing P doses in maize and rye monocultures. (1) Plant and sampling date. A) Maize; B) Rye. (2) Applied P_2O_5 , kg/ha/yr. (3) Untreated. (4) Average. (5) C.D. values at 5%.

Table 2. Changes in the AL-soluble P content (P_2O_5 , ppm) during the growing season in maize monoculture in 1967. (1) Treatments. (2) Soil sampling dates. (3) C.D. values at 5%.

Table 3. The AL-soluble P content (P_2O_5 , ppm) of the plowed layer as affected by P fertilizer application in maize monoculture. (1) Original P doses (1964—1973). (2) New P levels, P_2O_5 kg/ha/yr (1973—1980). (3) Average. (4) C.D. values at 5%. $P_{1250} = 625$ kg P_2O_5 /ha applied twice (in 1974 and 1975).

Table 4. The AL-soluble P content (P_2O_5 , ppm) of the plowed layer as affected by P fertilizer application in rye monoculture. For (1)—(3) see Table 3. $P_{850} = 425$ kg P_2O_5 /ha applied twice (in 1973—1974).

Table 5. Effectiveness of reserve P fertilizer application. (1) Plant. A) Maize; B) Rye. (2) Year. (3) Dose, P_2O_5 kg/ha/yr. (4) Grain yield, t/ha. (5) Yield increase, t/ha. (6) Effectiveness, kg/kg.

Table 6. Average grain yields between 1974—1979 and the P contents of soil samples collected in 1980 (maize monoculture). (1) Original P treatments (1964—1973). (2) Factors: a) Yield, t/ha; b) Soil-P, P_2O_5 ppm. (3) New P levels, P_2O_5 kg/ha/yr (1973—1980). (4) Average.

Table 7. The vertical movement of AL-soluble P in the soil (1980). (1) Treatment, 1964—1973/1973—1980. (2) Depth, cm. (3) C.D. value at 5%.

Table 8. P balance as affected by the various treatments in maize monoculture (P_2O_5 kg/ha/yr). (1) Year. 1st and 2nd parts of the experiment. (2) Original P treatments, P_2O_5 kg/ha/yr (1964—1973). (3) New P levels (1973—1980). (4) Average.

Table 9. P balance as affected by the various treatments in rye monoculture (P_2O_5 kg/ha/yr). For (1)—(4) see Table 8.

Table 10. Equations of the correlations between P balance and AL-soluble P content. (1) Year. (2) Treatments: a) All treatments; b) Original P levels. (3) Equations. (4) Amount of P_2O_5 (kg/ha) increasing soil-P by 10 ppm. n: number of data; r: correlation coefficient. *** Significant at $P_{0.1\%}$.

Table 11. P balance and P utilization, average of 1964—1973. (1) Factors: A) Maize; B) Rye; a) P_2O_5 taken up, kg/ha/yr; b) balance; c) surplus uptake; d) P utilization, %. (2) Applied P_2O_5 , kg/ha/yr.

Fig. 1. Correlation between P balance and AL-soluble P content in maize monoculture. Horizontal axis: P_2O_5 , kg/ha. Vertical axis: Soil-P, P_2O_5 ppm. Remark: it is based on data of the balance of 1964—1973 (all years and treatments, $9 \times 6 = 54$) as well as of 1975 and 1980 (by original P levels, $2 \times (6 \times 4) = 48$).

Gestaltung des AL-löslichen P-Gehaltes des Bodens im Falle von jährlicher, bzw. Vorratsdüngung auf einem Schleiersandboden

I. CSERNI

Forschungsinstitut für Gemüseproduktion, Kecskemét, (Ungarn)

Zusammenfassung

Es wurde die Möglichkeit der Anhäufung von P in Schleiersandböden untersucht, indem jährliche und Vorratsdüngergaben verwendet wurden. Auch wurde die vertikale und saisonale Bewegung im Boden, wie auch die P-Verwertung untersucht.

Die Versuche wurden auf dem Schleiersandboden zwischen Donau und Theiss von 1964—80 in Mais- und Roggenmonokulturen durchgeführt. Die wichtigsten Kennwerte des Bodens (0—20 cm) des Versuchsgebietes zu Beginn des Versuches: pH_{H_2O} : 7,1—7,6;

pH_{KCl}: 6,5—7,1; Humusgehalt: 0,28—0,79%; CaCO₃: in Spuren; AL-P₂O₅: 22—51 ppm; AL-K₂O: 16—44 ppm.

In der ersten Versuchsperiode (1964—73) wurden bei einer \emptyset Behandlung und einer Grunddüngung mit N₉₀K₄₅ zunehmende P-Gaben angewendet (0, 30, 60, 90 und 120 kg P₂O₅/ha/Jahr), demzufolge verschiedene P-Nährstoffstufen entstanden sind. Auf den so entstandenen P-Nährstoffstufen wurde in der zweiten Versuchsperiode (1973—80) neben einer höheren (N₁₂₀K₉₀) Grunddüngung die Wirkung von jährlich zunehmenden P-Gaben — bei Mais 0, 60, 120 und 180 kg P₂O₅/ha/Jahr und bei Roggen 0, 45, 60, 90, 120, 135 und 180 kg P₂O₅/ha/Jahr — wie auch die Wirkung der meliorativen P-Düngung (bei Mais in den Jahren 1974—75 625 kg P₂O₅/ha, bei Roggen in den Jahren 1973—74 425 kg P₂O₅/ha) untersucht.

Aus den Versuchen konnte festgestellt werden, dass die saisonalen Änderungen des AL-P-Gehaltes der Schleiersandböden nicht bedeutend sind. Die Böden blieben im gleichen Nährstoffversorgungsbereich am Ende der Vegetationsperiode wie sie zu Beginn der Vegetationsperiode waren.

Unsere Böden können bei positiver P-Bilanz mit jährlich geringeren Gaben (30—180 kg P₂O₅/ha/Jahr) oder mit auf einmal gegebenen grösseren Gaben (850, bzw. 1250 kg P₂O₅/ha/2 Jahre) mit P versorgt werden. Bei einer Vorratsdüngung können höhere Erträge erzielt werden, die Verwertung ist in diesem Falle aber nur um 1 kg besser als bei der jährlichen durchschnittlichen P-Gabe von 150 kg. Deshalb bringen wir die Vorratsdüngung nur zur Behebung der Bodenheterogenität innerhalb des Feldes, im Interesse der homogenen Nährstoffversorgung in Vorschlag, im allgemeinen bleibt auch weiterhin die jährliche P-Düngung mit einer positiven Bilanz zweckentsprechend.

Auf Böden mit niedrigem Humusgehalt (0,3—0,4%) — bei Anwendung von grösseren P-Gaben (durchschnittlich 150 kg P₂O₅/ha/Jahr) — muss mit der vertikalen Bewegung des P gerechnet werden. Ein Teil des P-Düngers wandert hier in die tieferen Schichten ab. Deshalb ist zur genaueren Beurteilung des P-Gehaltes die Untersuchung der tieferen Schichten zur Schätzung des Mineraldüngerbedarfes notwendig.

Die Angaben der Nährstoffbilanz widerspiegeln die in den P-Bodenvorräten der einzelnen Düngungsvarianten bestehenden Differenzen gut. Zur Steigerung um 10 ppm des AL-P-Gehaltes unserer Böden waren im Maisversuch 115 kg P₂O₅/ha, im Roggenversuch hingegen 90—140 kg/ha P₂O₅ notwendig. Es ist zweckmässig auf Böden mit schlechter P-Versorgung eine P-Düngung, die den P-Bedarf des geplanten Ertrages übertrifft, anzuwenden, bei Sandböden von mittlerer, bzw. guter Versorgung dagegen eine Düngung, die den Ersatz der durch den Ertrag entzogenen Nährstoffe sichert.

Die mit der Differenzmethode berechnete P-Verwertung lag zwischen 1—12%. Das Saldo der Nährstoffbilanz des Bodens betrug im Falle von Mais 30—40 kg P₂O₅/ha/Jahr, im Falle von Roggen 20—30 kg P₂O₅/ha/Jahr.

Tab. 1. Gestaltung des AL-löslichen P-Gehaltes (P₂O₅ ppm) in der Ackerkrume infolge zunehmender P-Düngergaben bei Mais-, bzw. Roggenmonokulturen (bei einer NK-Grunddüngung). (1) Untersuchte Pflanze und Zeitpunkt der Probenahme: A) Mais, B) Roggen, (2) gegebenes P₂O₅ kg/ha/Jahr. (3) Ungedüngt. (4) Durchschnitt. (5) GD_{5%}.

Tab. 2. Gestaltung des AL-löslichen P-Gehaltes (P₂O₅ ppm) in der Vegetationsperiode im Jahre 1967 bei Maismonokulturen. (1) Düngungsvarianten. (2) Zeitpunkte der Probenahmen. (3) GD_{5%}.

Tab. 3. Gestaltung des AL-löslichen P-Gehaltes in der Ackerkrume infolge P-Düngung bei Maismonokultur (P₂O₅ ppm). (1) Frühere P-Düngungsvarianten (1964—73). (2) Neue P-Düngungsvarianten P₂O₅ kg/ha/Jahr, zwischen den Jahren 1973—80. (3) Durchschnitt. (4) GD_{5%}, P₁₂₅₀ = in den Jahren 1974 und 1975 gegebenes 625 + 625 kg P₂O₅.

Tab. 4. Gestaltung des AL-löslichen P-Gehaltes in der Ackerkrume infolge P-Düngung bei Roggenmonokultur (P_2O_5 ppm). Bezeichnungen s. Tab. 3. P_{850} = in den Jahren 1973 und 1974 gegebenes $425 + 425$ kg P_2O_5 .

Tab. 5. Verwertung der P-Vorratsdüngung. (1) Untersuchte Pflanze: A) Mais, B) Roggen. (2) Versuchsjahr. (3) Vorratsgabe P_2O_5 kg/ha/Jahr. (4) Kornertrag t/ha. (5) Mehrertrag t/ha. (6) Verwertung, kg/kg.

Tab. 6. Durchschnittliche Kornerträge der Jahre 1974—1979 und die Ergebnisse der Bodenuntersuchung des Jahres 1980 bei einer Maismonokultur. (1) Frühere P-Düngungsvarianten (1964—73). (2) Untersuchte Faktoren: a) Ertrag, t/ha; b) Boden- P_2O_5 ; ppm. (3) Neue P-Düngungsvariante P_2O_5 kg/ha/Jahr (1973—80). (4) Durchschnittswert.

Tab. 7. Vertikale Bewegung des AL-löslichen Phosphors im Boden (1980). (1) Düngungsvariante 1964—73, bzw. 1973—80. (2) Tiefe, cm. (3) $GD_{5\%}$.

Tab. 8. Gestaltung der P-Bilanz in den einzelnen Düngungsvarianten bei Maismonokultur (P_2O_5 kg/ha). (1) Jahr der Untersuchung, I. und II. Periode. (2) Frühere P-Düngungsvarianten, P_2O_5 kg/ha/Jahr (1964—73). (3) Neue P-Düngungsvarianten (1973—80). (4) Durchschnittswert.

Tab. 9. Gestaltung der P-Bilanz in den einzelnen Düngungsvarianten der Roggenmonokultur (P_2O_5 kg/ha). Bezeichnungen s. Tab. 8.

Tab. 10. Gleichungen der Zusammenhänge zwischen der P-Bilanz und dem AL-löslichen P-Gehalt der Böden. (1) Jahr der Untersuchung. (2) Düngungsvariante: a) alle Varianten; b) frühere P-Düngungsvariante; (3) Gleichungen. (4) zur Zunahme von 10 ppm nötiges P_2O_5 kg/ha. n: Anzahl der Angaben; r: Korrelationskoeffizient; *** signifikant bei 0,1%.

Tab. 11. P-Nährstoffbilanz und Nährstoffverwertung. Durchschnittswerte der Jahre 1964—73 (I. Versuchsperiode). (1) Untersuchte Faktoren: A) Mais; B) Roggen; a) entzogenes P_2O_5 kg/ha/Jahr; b) Saldo; c) Mehrentzug; d) P-Verwertung. (2) gegebenes P_2O_5 kg/ha/Jahr.

Abb. 1. Zusammenhang der P-Bilanz und des AL-löslichen P-Gehaltes in der Maismonokultur. Abszisse: P_2O_5 kg/ha. Ordinate: AL- P_2O_5 , ppm. Bemerkung: Aufgrund der Angaben der Bilanz in den Jahren 1964—73 (Anzahl der Versuchsvarianten $9 \times 6 = 54$), bzw. im Jahre 1975 und 1980 (Anzahl der Versuchsvarianten aufgrund der früheren Varianten: $2 \times (6 \times 4) = 48$).

Формирование содержания АЛ-растворимого фосфора почвы при ежегодном и мелиоративном внесении минеральных удобрений на покровном песке

И. ЧЕРНИ

Научно-исследовательский институт овощеводства, Кечкемет (Венгрия)

Резюме

В опытах изучили зафосфачивание покровного песка при ежегодном и мелиоративном внесении фосфорных минеральных удобрений. Изучили также вертикальное движение P и его сезонное изменение в почве, а также его усвоение. Опыты провели в 1964—80 годах, на покровном песке междуречья Дуная и Тиссы, с монокультурами кукурузы и ржи. Агрохимические показатели для почв (0—20 см) опытного поля были следующими: pH_{H_2O} : 7,1—7,6; pH_{KCl} : 6,5—7,1; гумус: 0,28—0,79%; $CaCO_3$: следы; АЛ-P: 22—51 ppm; АЛ-K: 16—44 ppm.

В первом цикле опыта (1964—73), наряду с контрольными вариантами \emptyset и внесением основного удобрения $N_{90}K_{45}$, внесли увеличивающиеся дозы фосфора (0, 30,

60, 90 и 120 кг P_2O_5 га/год) в результате чего создали различные уровни обеспеченности фосфором. На созданных таким образом уровнях, во 2 цикле опыта (1973—80), при внесении более высоких доз основных удобрений ($N_{120}K_{90}$) изучили влияние ежегодного (постепенного) внесения доз — для кукурузы 0, 60, 120 и 180 кг/га/год P_2O_5 , для ржи — 0, 45, 60, 90, 120, 150 и 180 кг/га/год P_2O_5 , а также мелиоративных доз — для кукурузы в 1974—75 г P_{625} , для ржи в 1973—74 г P_{425} кг/га P_2O_5 .

Результаты опыта показали незначительное сезонное изменение содержания АЛ-Р в покровном песке. Почва до конца вегетационного периода оставалась в той же градации по обеспеченности фосфором, что и в начале вегетации.

При положительном балансе фосфора почвы она может быть зафосфачена как при ежегодном внесении небольших доз фосфора (30—180 кг/га/год P_2O_5), так и при однократном мелиоративном внесении (850 или 1250 кг/га/2 года). При мелиоративном внесении фосфорных удобрений получили более значительные прибавки урожаев, однако эффективность, соразмерная с ежегодной средней дозой фосфора 150 кг, составляла всего около 1 кг. Поэтому мелиоративное внесение фосфорных минеральных удобрений предлагаем только для устранения гетерогенности почв в пределах одного поля, для более сбалансированного обеспечения питательными элементами, целесообразным остается ежегодное внесение фосфорных минеральных удобрений, поддерживающее положительный баланс этого элемента.

В почвах, слабо обеспеченных гумусом (0,3—0,4%), при систематическом внесении высоких доз Р (в среднем 150 кг/га/год P_2O_5) необходимо считаться с его вертикальным передвижением. В этом случае одна часть Р передвигается в нижние горизонты почвы. Поэтому становится необходимым определение содержания фосфора в более глубоких слоях для правильного определения доз внесения фосфора, для оценки потребности в этом удобрении.

Данные баланса питательных веществ хорошо отражают различия в обеспеченности почв фосфором на различных вариантах. Для увеличения содержания АЛ-Р на 10 ppm в опыте с кукурузой потребовалось 115 кг/га P_2O_5 , в опытах с рожью — 90—140 кг/га P_2O_5 . На почвах слабо обеспеченных фосфором следует внести этот элемент в дозах превышающих потребность запланированного урожая, в песчаных почвах средне или хорошо обеспеченных фосфором следует заботиться о возмещении фосфора вынесенного урожая.

Усвоение фосфора, рассчитанное по разнице, составляло 1—12%. Сальдо баланса питательных веществ установилось в случае кукурузы при внесении 30—40 кг/га P_2O_5 , в случае ржи при внесении 20/30 кг/га/год P_2O_5 .

Табл. 1. Формирование содержания АЛ-Р (P_2O_5 ppm) в пахотном горизонте почвы под влиянием повышающихся доз фосфорных минеральных удобрений, в монокультурах кукурузы и ржи (на фоне азота и калия). (1) Изученная культура и время взятия образцов. А) Кукуруза, В) Рожь. (2) Внесенный P_2O_5 кг/га/год. (3) Контроль. (4) Среднее. (5) $СНР_{5\%}$.

Табл. 2. Формирование содержания АЛ-Р (P_2O_5 ppm) за вегетационный период 1967 г в монокультуре кукурузы. (1) Варианты. (2) Время взятия почвенных образцов. (3) $СНР_{5\%}$.

Табл. 3. Формирование содержания АЛ-Р в пахотном горизонте почвы под влиянием внесения фосфорных минеральных удобрений, в монокультуре кукурузы (P_2O_5 ppm). (1) Старые Р-обработки (1964—73). (2) Новые уровни Р, P_2O_5 кг/га/год в период между 1973—80. (3) Среднее. (4) $СНР_{5\%}$. P_{1250} = внесенный в 1974 и 1975 гг 625 + 625 кг P_2O_5 .

Табл. 4. Формирование содержания АЛ-Р в пахотном горизонте почвы под влиянием внесения фосфорных минеральных удобрений (P_2O_5 ппм), в монокультуре ржи. Обозначения смотри в таблице 3. P_{850} = внесенный P_2O_5 в 1973 и 1974 гг 425 + 425 кг.

Табл. 5. Эффективность мелиоративного внесения фосфорных минеральных удобрений. (1) Изученные культуры: А) Кукуруза. В) Рожь. (2) Год опыта. (3) Мелиоративная доза P_2O_5 кг/га/год. (4) Урожай зерна, т/га. (5) Прибавка урожая, т/га. (6) Эффективность, кг/кг.

Табл. 6. Средние урожаи зерна за 1974—79 гг и данные почвенного анализа, проведенного в 1980 году в монокультуре кукурузы. (1) Старые обработки Р (1964—73). (2) Изученные факторы: а) Урожай, т/га. б) P_2O_5 почвы ппм. (3) Новые уровни Р, P_2O_5 кг/га/год (1973—80). (4) Среднее.

Табл. 7. Вертикальное передвижение АЛ-Р в почве (1980). (1) Обработка 1964—73 или 1973—80. (2) Глубина, см. (3) $СНР_{5\%}$.

Табл. 8. Формирование баланса Р в отдельных вариантах, в монокультуре кукурузы (P_2O_5 кг/га). (1) Год исследования, 1 и 2 циклы. (2) Старые обработки Р, P_2O_5 кг/га/год (1964—73). (3) Новые уровни Р (1973—80). 4. Среднее.

Табл. 9. Формирование баланса Р в отдельных вариантах, в монокультуре ржи (P_2O_5 кг/га). Обозначения смотри в табл. 8.

Табл. 10. Уравнения зависимости между балансом-Р и содержанием АЛ-Р. (1) Год исследования. (2) Варианты: а) Все обработки. б) Старые уровни-Р. (3) Уравнения. (4) Количество P_2O_5 кг/га, необходимое для увеличения запаса фосфора на 10 ппм. п: количество данных. г: коэффициент корреляции. *** достоверно на уровне $P_{0,1\%}$.

Табл. 11. Баланс-Р и усвоение питательных элементов в среднем за 1964—73 гг (1. цикл). (1) Изученные факторы; А) Кукуруза. В) Рожь. а) Вынесенный P_2O_5 кг/га/год. б) Сальдо. с) Вынесенная прибавка. д) Усвоение-Р, %. (2) Внесенный P_2O_5 кг/га/год.

Рис. 1. Связь между балансом-Р и содержанием АЛ-Р, в монокультуре кукурузы. По горизонтальной оси: P_2O_5 кг/га. По вертикальной оси: P_2O_5 почв, ппм. Замечание: на основе данных баланса Р, 1964—1973 (каждый год и вариант $9 \times 6 = 54$) или 1975 и 1980 г (старые уровни Р, $2 \times (6 \times 4) = 48$).