

## Különböző szemcseméretű és oldhatóságú egyszerű és összetett műtrágyák érvényesülésének vizsgálata

### I. Tenyészedény kísérletek radioaktív izotoppal ( $P^{32}$ )

A. V. PETERBURGSZKIJ és DEBRECZENI BÉLA

*Tyimirjazev Mezőgazdasági Akadémia, Agrokémiai Tanszék,  
Moszkva*

Az utóbbi években Magyarországon és a Szovjetunióban széleskörű kísérleti munka folyik az összetett műtrágyák gyártástechnológiája és agrokémiai értékelése terén. A biztató kísérleti eredmények alapján a közeljövőben mindkét országban kettős és hármas hatóanyagú műtrágyák nagyméretű gyártása várható. Mivel sok talajon a legtöbb gazdasági növényt egy időben kell ellátni néhány tápelemmel és a különböző műtrágyák alkalmazási ideje és módja is a legtöbb esetben egybeesik, a gazdaságok az egyszerű műtrágyákat felhasználás előtt összekeverik. Azonban az ilyen műtrágyakeverékek minősége egyenletesség és szórhatóság szempontjából kifogásolható, valamint sok munkaerőt igényel, ezért sokkal célszerűbb lesz ezeket összetett vagy kombinált műtrágyákkal helyettesíteni.

Prjányisnyikov [18] akadémikus nagy jelentőséget tulajdonított tápelemek egy műtrágyában való egyesítésének. Véleménye szerint a műtrágya-, de főleg a nitrogénipar fejlődésével mind nagyobb jelentősége lesz a kettős — főleg NP- és hármas-NPK — kombinációknak. A kombinált műtrágya előállítása különböző módon történhet. Jelenleg világszerte nagy jelentőséget tulajdonítanak a nyersfoszfátok salétromsavas feldolgozásának, melyet Prjányisnyikov [19] még 1908-ban javasolt. A természetes foszfátok salétromsavas feltárásának kemizmusa igen bonyolult (Nabiev [12], Volkovics [25], Balla és Kincses [1]). Az ily módon nyert — Nitrofoszka típusú — összetett műtrágyák — melyeknek néhány technológiai problémáját közleményünkben [15] ismertettünk — részecskéi a következő vegyületeket tartalmazzák:  $NH_4NO_3$ ,  $KNO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $CaHPO_4$ ,  $NH_4H_2PO_4$  és nagy káliumtartalom esetén  $KCl$ -t. A tápanyagok koncentrációja 30—50%. A kapott termékekben a  $N : P_2O_5$  aránya, a foszforsavas sóinak oldhatósága az alkalmazott technológiától függően különböző lehet (1. táblázat).

Jakob [8] megjegyzi, hogy az összetett műtrágyák nagy tápanyagtartalma rendkívül előnyös, mivel lehetővé válik nagyobb dóziszú tápanyag használata annak veszélye nélkül, hogy a növények és a talaj számára egyaránt felesleges sók és melléktermékek felhalmozódnának. Rámutat arra is, hogy az összetett műtrágyákból a növények táplálkozása egyenletesebben és megfelelőbb tápanyagarányban történik, mivel az összetett műtrágyák szemcséi teljesen azonos összetételűek és így a tápanyag-arány is azonos. Ezt az egyszerű műtrágyák keverésével nem lehet ilyen mértékben biztosítani. Hasonló

megállapításra jutnak Selke [24], Howard és mások [7] is. Terman [22], Starostka és Hill [20] munkáikban azt írják, illetve feltételezik, hogy az összetett műtrágyák foszforának, részben a dikalciumfoszfátnak a felvehetősége nagyobb, mint az egyszerű kevert műtrágyáknak. Szmirnov és Pleskov [21] radioaktív  $P^{32}$ -vel burgonyával végzett kísérleteikből megállapították, hogy a kevert műtrágyában a szuperfoszfát foszforának felvehetőségére elég jelentős hatással vannak a kísérő műtrágyák, a  $NH_4NO_3$  és KCl.

1. táblázat

## Műtrágyák tápanyagösszetétele (%-ban)

(1) Műtrágyák megnevezése	(2) A felesleges Ca eltávolításának módja	(3) $P_2O_5$		(4) Vízben old- ható $P_2O_5$ aránya a citrát oldhatóhoz %-ban	N %	$K_2O$ %	(5) Tápanyagok összege %-ban
		vízben	citrátban				
		oldható					
NITROFOSZKA 11—22—16 olasz .....	szulfátos kezelés	20,0	20,0	100	12,2	16,5	48,7
NITROFOSZKA 10—10—10 francia .....	„	7,7	9,4	82	9,2	11,0	29,6
NITROFOSZKA 15—15—12 német .....	„	5,7	14,0	41	15,0	12,0	41,0
NITROFOSZKA 15—19—16 szovjet .....	kifagyasztá- sos	9,7	17,6	55	14,3	16,5	48,4
NITROFOSZKA 12—12—21 német .....	karbonátos	0,6	11,5	5,5	11,5	22,0	45,0
NIFOSZ 20—20, magyar ....	kifagyasztá- sításos	11,5	16,6	70	22,1	—	38,7
NIFOSZ 20—20, magyar ....	„	2,0	20,4	10	18,7	—	39,1

A legtöbb összetett műtrágyában a foszforsav meghatározott része dikalciumfoszfát alakjában található. A dikalciumfoszfát ammónitrát oldható foszforának növények általi jó felvehetősége alaptrágyázás esetén nem kétséges, sőt a szerzők egész sora előnybe részesíti az ammónitrát oldható foszfort a vízdoldhatóval szemben, a savanyú, sőt a karbonátos szürkefeld (szerozjom) talajokon is, ugyanis a foszforsav dikalciumsója adott körülmények között stabilabb és jobban ellenáll a retrogradációnak.

Érdekes megjegyezni Demolon [5] következtetését, mely szerint a foszforműtrágyák vízdoldhatósága nem lehet kritériuma a műtrágya gyakorlati értékének. A szerző szerint a műtrágyázás jelentősége abban áll, hogy növelje a talajoldat foszfát koncentrációját (optimális 1-2 mg/liter) és azt a tenyészidő folyamán fenntartsa.

Egész sor hazai és külföldi kutató különböző talajtípuson és növényekkel végzett összehasonlító kísérleteiből megállapítható az összetett műtrágyák kedvező hatása (és különösen utóhatása) az egyszerű kevert műtrágyák ekvivalens mennyiségével szemben [3, 4, 6, 7, 11, 13, 14, 15, 16 és mások]. Az irodalomban nincsen egységes álláspont abban a kérdésben, hogy a különböző

összetett műtrágyákban a foszfor vízoldhatósági foka és a műtrágyaszemcse nagysága a különböző talajtípusokon mennyire befolyásolják a növények foszfor felvételét és a szerves szárazanyag képződését.

A nitrofoszkák általában szemcsézettek, ezért a bennük levő dikalcium-foszfát hatása más lehet, mint az egyszerű precipitáté. Ugyanis a műtrágyaszemcse és a gyökérzet, valamint a szemcse és a talaj érintkezési felületének nagysága befolyásolja a foszfor felvehetőségét, illetve hatását.

G r a c s e v [6] tenyészedeny kísérletei alapján az alábbi következtetésekre jutott:

1. a vízoldható  $P_2O_5$  tartalom hiánya vagy kisebb mennyisége a szemcsés nitrofoszkák hatását az összes főbb talajtípusokon csökkenti,

2. szemcsés műtrágyákban (mind a nitrofoszkákban, mind a kevertekben) a vízoldható  $P_2O_5$  optimális aránya a felvehetőkhöz viszonyítva savanyú talajon nem kevesebb, mint 40%, a csernozjom és szürkeföld talajon pedig nem kevesebb, mint 60—75% kell hogy legyen. Nézetünk szerint ezek a megállapítások a szerző adott kísérletéből nem vonhatók teljes bizonyossággal.

T u r e s i n és S z o k o l o v a [23] munkáikban szintén a szemcsés összetett műtrágyák vízoldható  $P_2O_5$  tartalma és hatása közötti egyenes összefüggésre utalnak. Nagyszámú szabadföldi- és tenyészedeny-kísérlet alapján T e r m a n [22] megállapította, hogy a kevésbé vízoldható foszfátok hatása és a növények foszforfelvétele nagyobb a kisebb szemcseméret esetén és megfordítva. Kimutatták azután azt is, hogy ha műtrágyában a vízoldható  $P_2O_5$  mennyisége az összes  $P_2O_5$ -nak 27—60%-át teszi ki, nincsen ilyen egyenes arányosság, vagyis a szemcsék oldhatóságának és a foszfor talajban való lekötődésének hatásai kiegyenlítődnek. Hasonló kísérletekről számolt be M u l d e r [11] is. Ez az oldhatósági szint valószínűleg aszerint változik, hogy milyen a talajok foszformegkötőképessége és a talaj-foszfor kölcsönhatásokat milyen egyéb jellegzetességek befolyásolják. Ennek az oldhatósági szintnek a megállapítása rendkívüli jelentőségű az összetett műtrágyák gyártástechnológiájának kialakítása szempontjából.

Az utóbbi években a műtrágyázás problémáinak megoldására radioaktív izotópokkal ( $P^{32}$ ) jelzett műtrágyákat használnak. A jelzett atomok módszerének előnye az agrokémiai kutatásokban főleg abban nyilvánul meg, hogy lehetőség van annak megállapítására, hogy a növények által felvett tápelemek milyen mértékben származnak a talajból, vagy a trágyából. Emellett izotópok alkalmazásával pontosabban meghatározható a műtrágyafoszfor kihasználási faktora, mint a korábban alkalmazott ún. különbség módszerrel, vagyis a trágyázott és kontrol parcellák össz-foszfortartalmának különbségéből. Tenyészedeny-kísérletben P l e s k o v és M u h i n a [17] a kukorica foszfor felvételét vizsgálták különböző jelzett műtrágyákból meszezett savanyú gyepek podzol talajon. (A jelzett műtrágyákat Larsen módszerével állították elő.) Az adatok azt mutatták, hogy a precipitát és szuperfoszfát foszfora majdnem egyformán felvehető. Megállapították, hogy a kukorica a talaj foszforát jobban kihasználta a trikálciumfoszfát, mint a szuperfoszfát alkalmazásakor. Olsen és munkatársai (idézte P l e s k o v [17]) kimutatták, hogy a búza, árpa, cukorrépa és lucerna lúgos talajokon a szuperfoszfát és ammóniumfoszfát foszforát jobban felvették, mint a di- és trikálciumfoszfátokét.

H o w a r d [7] összegezte az USA több államában jelzett ( $P^{32}$ -vel) műtrágyákkal végzett nagy számú kísérletek eredményét, melyek szerint annak ellenére, hogy a szuperfoszfát és precipitát hatása a termésre azonos volt, a

növényekben talált dikalciumfoszfátból eredő foszfor mennyisége kevesebb volt, mint a szuperfoszfátból származóé.

A fenti irodalmi áttekintésben az összetett és kevert műtrágyák alkalmazásával kapcsolatos elvi problémákra utalunk. Megállapíthatjuk, hogy a nagyszámú kísérleti adat ellenére, máig is nyitott kérdés az összetett műtrágyák optimális vízdoldható foszfortartalmának az ismerete a különböző talajtípusokon. Meg kell jegyeznünk úgyszintén, hogy nincsenek megbízható adatok — csak feltevések — a szemesék egységes tápanyag eloszlásának és arányának jelentőségéről és a kísérő tápanyagok hatásáról sem. Mivel nincsen semilyen alapunk arra, hogy a nitrogént és káliumot az összetett műtrágyákban kevésbé felvehetőnek minősítsük, mint az egyszerű műtrágyákban, így a hatáskülönbséget főleg a különböző foszfát formák okozhatják.

Az itt közlésre kerülő kísérleteink feladata az ismert prjányisnyikovi talaj-trágya-növény rendszerben a gyepes podzol talaj — összetett és egyszerű műtrágyára — zab vagy árpa kölesönhatásának vizsgálata, a foszfát oldhatóságától és a műtrágyák szemeseméretétől függően.

Kísérleteinket két részben közöljük: először a moszkvai Mezőgazdasági Akadémia Agrokémiai Tanszékén végzett tenyészedeny kísérleteket, majd a borsosberényi (Nógrád m.) kísérleti telepen beállított mikroparcellás kísérlet eredményeit.

### Kísérleti rész

Vályogos gyepes podzol talajon (Moszkva terület) két tenyészedeny kísérletet végeztünk. A talaj fontosabb agrokémiai jellemzése a 2. táblázatban látható. Mindkét kísérletben a talajt az edényekben 2 : 1 arányban homokkal kevertük, hogy a műtrágyahatást fokozzuk. A kísérleteket 5,5, illetve 6 kg-os Mitscherlich edényekben folytattuk. A műtrágyákat az edények talajával egyenletesen elkevertük. Az ismétlések száma: 4. A foszfor tartalmát a semleges ammóniumcitrátban oldható  $P_2O_5$ -ből számítottuk.

2. táblázat

A tenyészedeny kísérletnél használt gyepes-podzolos talaj fontosabb agrokémiai adatai

pH (KCl)	Hidrolitos aciditás	Ca	S	V %	$P_2O_5$ (Egnér)	$K_2O$ (Nehring)
	mg e. é./100 g				mg/100 g	
4,5	3,82	2,35	17,0	81	2,41	8,0

1. számú kísérlet. Az első kísérletben különböző oldhatóságú foszfort tartalmazó nitrofoszkák hatását hasonlítottuk össze szemesés (2—3 mm át-mérőjű) és poralakban, megfelelő egyszerű műtrágyakeverékekkel.

Tápanyagdózis műtrágya formában: 0,25 g N,  $P_2O_5$  és  $K_2O$  edényenként. A nitrogént 0,35 g-ig  $NH_4NO_3$  oldattal, a káliumot 0,40 g-ig KCl oldattal egyenlítettük ki. Így a kontrol edények is kaptak 0,10 g N, illetve 0,15 g  $K_2O$ .

A műtrágya szemesenagyság pontos meghatározásának egyik célja az a törekvés, hogy a tápanyagokat, főleg a foszfort a talajban megfelelő vegyület alakjában tudjuk megőrizni. Más szóval csökkenteni akarjuk a foszfát ion

lekötődését a talajban, mert ez ismert módon kihatással van a növények foszfor-felvételére és termésére. Ilyen nézőpontból eredményeink bizonyos fokig ellentétesek az eddigi megállapításokkal. A különböző foszfátformák hatása a zab termésére a 3. táblázatban látható.

## 3. táblázat

**Zab szem- és szalmatermése  
(4 edény átlagában)**

(1) Kezelések	(2) Vízben oldható $P_2O_5$ aránya a citrátoldhatóhoz %-ban	(3) A műtrágyák fizikai állapota	(4) Egész növény súlya g/edény	(5) Szem		(6) Szalma		(7) Szem és szalma aránya szem = 1
				g	%	g	%	
Kontrol .....	—	—	10,8	3,5	—	7,3	—	2,14
NITROFOSZKA 11—22—16	100	a) szemcsés	30,0	12,6	140	17,4	138	1,38
„	100	b) por	33,2	13,9	155	19,3	153	1,39
NITROFOSZKA 10—10—10	82	a) szemcsés	31,7	13,9	155	17,8	141	1,28
„	82	b) por	31,0	13,8	154	17,2	136	1,25
NK + Szuperfoszfát .....	90	a) szemcsés	29,5	13,0	144	16,5	131	1,27
„	90	b) por	29,1	12,8	142	16,3	129	1,27
NITROFOSZKA 15—19—16	55	a) szemcsés	30,8	14,0	155	16,8	133	1,20
„	55	b) por	31,7	13,9	155	17,8	141	1,28
NITROFOSZKA 15—15—12	41	a) szemcsés	31,6	14,3	159	17,3	137	1,21
„	41	b) por	32,2	14,3	159	17,5	142	1,25
NK + Szuperf. + precipitát	50	b) por	31,2	13,9	155	17,3	137	1,24
NITROFOSZKA 12—12—21	5	a) szemcsés	25,6	11,7	130	13,9	110	1,19
„	5	b) por	26,6	11,7	130	14,9	118	1,26
NK + precipitát .....	1	b) por	29,4	11,7	130	17,7	140	1,50
NK ( $NH_4NO_3$ + KCl) .....	—	b) por	21,6	9,0	100	12,6	100	1,40
SzD (3%) .....	—	—	—	1,2	13	1,4	11	—

A kísérlet eredményeiből mindenekelőtt az látható, hogy a nitrofoszkek hatása nem marad el a megfelelő keverékműtrágyák hatásától, sőt túlhaladja azokat. A foszfor hatása a szem termésére nem túlságosan nagy — 30—60% között ingadozik — az NK kontrolhoz viszonyítva, a szalma termésére még kisebb, 10—50%. A nitrogén és kálium hatása a szem termésére szintén nagyobb, mint a szalmáéra.

Érdekes megjegyezni, hogy kísérletünkben nem ismétlődik meg az a szokásos jelenség, mely szerint határozott, egyenes korreláció van a foszfát oldhatósága, szemcse mérete és a termésre gyakorolt hatása között. Lényegében nincsen megbízható különbség a zab szem- és szalmasúlyában a szemcsemérettől és az oldékonyságtól függően, kivéve az oldható foszfort tartalmazó olasz nitrofoszkek, de ott is a várhatónál ellentétes irányban. A csak dikalciumfoszfátot tartalmazó műtrágyák egyöntetűen lényegesen alacsonyabb szem- és szalmatermést adtak. A szem és szalma aránya sem változott lényege-

sen a különböző foszforforrás hatására, kivéve a precipitátot, mely közel azonos a foszfor nélküli kezeléssel. A szárazanyagfelhalmozódás mellett megvizsgáltuk a termés összes NPK tartalmát kénsavas és  $H_2O_2$ -es roncsolással nyert oldatból: a nitrogént Kjeldahl módszerrel, a káliumot lángfotométeren, a foszfort kolorimetriásan. Az eredmények a 4. táblázatban találhatók.

A kémiai vizsgálat eredménye nem támasztja alá a szárazanyagsúlyból nyert megállapításokat. Jól megfigyelhető az az irányzat, hogy a könnyen oldható foszfátokból a nagyobb szemcseméret esetén több foszfort vettek fel a növények, mint a por alakúból és fordítva. Tehát az oldhatóság fokozatos változásával a szemcsenagyságnak megfelelően változik a foszfor felvétele is. Ez az adott savanyú talajon könnyen magyarázható a különböző foszforvegyületek nem egyforma erősségű lekötődésével. A nitrogén- és káliumvizsgálatok nem elég egyértelműen támasztják alá a termésadatokat és a foszfor vizsgálatok eredményeit.

## 4. táblázat

## Zab termés tápanyagtartalma

(1) Kezelések (viziben oldható $P_2O_5$ aránya a citrátoldathoz)	(2) Fizikai állapot	$P_2O_5$				N		$K_2O$		
		(3) Szem	(4) Szalma	(5) Összes termés	(3) Szem	(4) Szalma	(3) Szem	(4) Szalma		
		%		mg/edény						
NK (Kontrol) . . . . .	—	0,64	0,07	66,4	57,6	8,82	182	37,5	45,8	335
NITROFOSZKA (100%)	a) szemcsés b) por	0,90 0,74	0,11 0,06	132,1 114,6	113,0 103,0	19,1 11,6	282 272	55,7 56,0	66,8 68,1	425 437
NITROFOSZKA (82%)	a) szemcsés b) por	0,82 0,85	0,10 0,08	132,6 131,6	114,0 117,0	18,6 14,6	267 280	58,7 49,8	73,7 70,3	512 461
NK + Szuperfoszfát (90%) . . . . .	a) szemcsés b) por	0,80 0,76	0,10 0,07	120,5 109,5	104,0 97,3	16,5 12,2	260 251	54,4 50,6	70,2 65,3	456 390
NITROFOSZKA (55%)	a) szemcsés b) por	0,81 0,80	0,09 0,09	128,0 127,0	113,0 111,0	15,0 16,0	284 274	51,2 53,4	72,8 69,5	430 463
NITROFOSZKA (41%)	a) szemcsés b) por	0,70 0,72	0,06 0,08	111,2 125,3	100,0 113,0	11,2 14,3	272 223	49,4 47,0	72,2 73,6	443 426
NK + Szuperfoszfát + + precipitát (50%)	b) por	0,79	0,10	128,1	110,0	18,1	313	57,2	73,0	458
NITROFOSZKA (5%) „	a) szemcsés b) por	0,79 0,80	0,09 0,12	104,8 111,4	92,3 93,6	12,5 17,8	250 221	36,1 41,7	62,0 60,8	350 428
NK + precipitát . . .	b) por	0,80	0,07	106,0	93,6	12,4	255	53,0	64,3	460

2. számú kísérlet. Ebben a kísérletben a foszforsav és kalcium dinamikáját vizsgáltuk zab növényen radioaktív foszforral ( $P^{32}$ ) és kalciummal ( $Ca^{45}$ ) jelzett összetett és egyszerű foszfor műtrágyákból. A növények szárazanyag felhalmozódását, radioaktivitását és kémiai összetételét ( $N_1P_1K_1Ca$ -ra) fejlődési szakaszonként és növényi részenként elemeztük.

Ismeretes, hogy a foszfor műtrágyák vízdoldhatósága a bennük levő kalciumtartalomtól függ. Minél kevesebb Ca marad a műtrágyában a nyersfoszfátok salétromsavas feltárása után, annál oldhatóbb lesz a kapott foszfor-

vegyület. A nehezen oldódó talaj- vagy trágyafoszfát vegyületeinek érvényesülését gyakran hozzák kapcsolatba a növények kalcium felvételképességével (Csirikov [2]). Ezzel kapcsolatosan érdeklődésre tarthat számot a foszforfelvétel mellett a kalcium felvehetőségének tanulmányozása is a foszfát műtrágyákból.

A jelölt atomok módszere lehetőséget nyújt a tápanyag felvétel közvetlen összehasonlítására a különböző műtrágyákból. Legjobb természetesen, ha a foszforvegyületet a műtrágya előállítás idején tudjuk jelezni. Nekünk azonban erre nem volt lehetőségünk, a  $P^{32}$  és  $Ca^{45}$  radioaktív izotópokat a következőképpen juttattuk a különböző műtrágyákba: a műtrágyából 1 : 5 arányú vizes szuszpenziót készítettünk és folyamatos keverés közben megfelelő aktivitású  $NaH_2PO_4$  és  $Ca^{45}Cl_2$  oldatot adtunk hozzá, majd 40—50° C vízfürdőn a vizet bepároltuk és így por alakú jelzett műtrágyát nyertünk.

Az ilyen jelzési mód sajnos nem biztosítja a sugárzó izotópok egyenletes eloszlását a különböző foszfátvegyületekben. A  $Ca^{45}$  eloszlása feltehetően egyenletes volt, mivel a Ca vegyületek egyformán nehezen oldhatók a műtrágyában. A radioaktivitás eloszlásának megállapítására radiometrikus elemzést végeztünk, az adatokat az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

A jelzett műtrágyák fajlagos aktivitása,  $P_2O_5$  és Ca tartalma

(1) Műtrágyák megnevezése (Vízben oldható $P_2O_5$ aránya a citrátoldhatóhoz)	(2) $P_2O_5$			(3) Ca	(4) $P_2O_5$ %-ban		(5) Ca <sup>45</sup> %
	vizes	citrátos	száraz mű- trágya		vizes	citrátos	
	kivonat				aktív kivonat		
	1000 Imp/perc/l mg						
NITROFOSZKA (100%)	121	122	129	32	20,0	20,6	0,83
NITROFOSZKA (55%)	178	126	129	31	9,58	17,8	5,75
NITROFOSZKA (5%)	1340	131	131	30	0,50	11,5	8,10
Szuperfoszfát .....	118	119	124	28	17,5	18,6	11,8
Ca $HPO_4 \cdot 2 H_2O$ .....	1508	145	148	30	1,95	41,3	16,6
Ca $(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ .....	140	142	144	39	52,3	52,3	7,5
Átlagban	—	131	134	32	—	—	—
Fajlagos aktivitás .....	—	0,49 $\mu C$	0,50 $\mu C$	0,3 $\mu C$	—	—	—

(\* a kalcium meghatározása 25%-os HCl-es kivonattól.)

Az adatok szerint a vízoldható foszfátokat tartalmazó kezelések összevetése egymással teljesen indokolt, de a többi műtrágya kezeléssel már kevésbé, ugyanis a részben vagy egészben dikalciumfoszfátot tartalmazó vegyületeknél a  $P^{32}$  beépülése elsősorban felületi lehetett. A foszfor kihasználási százalékának kiszámításakor az 1 mg ammónitrát oldható  $P_2O_5$ -ra számított fajlagos aktivitással számoltunk. A növényi mintákból nyert  $P^{32}$  aktivitás eredményeinek megbízhatósága érdekében laboratóriumi vizsgálatot végeztünk a jelzett műtrágyákkal az úgynevezett komposztálási eljárással a kísérlet talaja általi

foszforlekötődés megállapítására. Az aktivitás és kémiai elemzés számításai egyaránt azt mutatták, hogy a foszforsav lekötődése az összetett és egyszerű műtrágyákból körülbelül azonos (23—30%-a az adott  $P_2O_5$  mennyiségének) függetlenül az oldhatóság formáitól.

Tápanyag mennyiség edényenként: 0,25 g  $P_2O_5$ ; 0,35 g N és 0,45 g  $K_2O$ . A nitrogént és káliumot kiegyenlítettük  $NH_4NO_3$ , illetve KCl oldattal. A jelzett műtrágyák fajlagos aktivitása egyforma volt; mégpedig:  $0,5 \mu\text{C } P^{32}$  1 mg  $P_2O_5$ -re és  $0,3 \mu\text{C } Ca^{45}$  1 mg Ca-ra a talajbavitel napjára számítva. (IV. 19.) Az összes aktivitás edényenként  $125 \mu\text{C } P^{32}$  volt. Természetesen a kalcium összes aktivitása edényenként a Ca tartalomnak megfelelő változott (3—52  $\mu\text{C } Ca^{45}$ -ig).

A műtrágyák és a növényminták radioaktivitásának mérésére egyforma geometriai körülmények között történt „B” típusú készüléken és БФЛ-Т-25 típusú Geiger—Müller számlálócsővel. A növényi minták aktivitását hamvasztás után sósavval nyert törzsoldat egy részének (0,75 ml) kis csészébe való bepárlásából mértük. A  $P^{32}$  és  $Ca^{45}$  radioaktív sugárzását egymás mellett mértük megfelelő árnyékoló szűrő alkalmazásával. A törzsoldatból meghatároztuk: az összes  $P_2O_5$ -t kolorimetriáisan,  $K_2O$ -t lángfotométeren, a Ca-t komplexonos titrálással, az N-t Kjeldahl módszerrel.

6. táblázat

## Száranyag súly (g) 9 növényre számítva

(1) Kezelések	VII. 23.		VIII. 5.			IX. 14.			
	(2) Egész növény súlya	(2) Egész növény súlya	(3) Levelek	(4) Szárok	(5) Bugák	(2) Egész növény súlya	(3) Levelek	(4) Szárok	(6) Szem
NK .....	4,62	12,7	2,52	8,1	2,04	19,2	2,3	8,80	8,10
NITROFOSZKA (100%) .	7,00	17,8	2,97	12,2	2,70	25,6	3,32	12,6	9,65
NITROFOSZKA (55%) .	7,42	17,7	2,45	12,0	3,15	23,0	3,00	10,7	9,30
NITROFOSZKA (5%) .	7,25	18,5	2,86	12,7	2,80	25,2	3,30	12,5	9,35
NK + szuperfoszfát . . . . .	6,45	12,8	2,00	8,52	2,24	22,4	3,00	10,9	8,50
NK + $CaHPO_4 \cdot 2 H_2O$ ..	6,60	17,2	2,98	11,4	2,96	26,7	3,30	13,1	10,3
NK + $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ .	6,68	15,9	2,45	10,8	2,64	26,7	3,70	12,2	10,8
SzD (3%) . . . . .	—	—	—	—	—	1,1	—	—	0,6

A tápanyag dinamikai vizsgálathoz a zab következő fejlődési szakaszaiban vettünk mintát:

I. Szárbainduláskor VII. 23.

II. Bugahányáskor VIII. 5-én (felső három zöld levél, szár és buga).

III. Teljeséréskor IX. 4. (levél, szár, szem).

Minden adat (termés, kémiai és radioaktivitás) 9 (légszáraz) növényre számított 4 ismétlés átlagának eredménye.

A száranyag felhalmozódás dinamikáját a 6. táblázatban közöljük.

A növekedéssel párhuzamosan nő a száranyag felhalmozódás is. Megállapítható az, hogy a különböző foszfor források nem okoznak lényeges és

7. táblázat

A műtrágyából és talajból felvett P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyisége  
(mg-ban és %-ban)

(1) Kezelések és P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> vizsgálatok	VII. 23.	VIII. 5.				IX. 14.			
	(2) Egész növény	(2) Egész növény	(3) Levél	(4) Szár	(5) Buga	(2) Egész	(3) Levél	(4) Szár	(6) Szem
NK									
a) talajból (mg) . . . . .	26,1	37,5	7,56	17,8	12,4	55,7	1,27	3,02	51,4
NITROFOSZKA (100%)									
a) talajból (mg) . . . . .	22,3	39,0	5,63	21,9	11,2	47,3	0,67	3,70	42,0
b) műtrágyából (mg) . . . . .	18,1	22,2	4,67	11,0	6,64	29,9	1,08	2,06	26,8
c) műtrágya P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kihasználási %-a . . . . .	44,8	36,6	45,3	33,3	36,8	38,8	74,0	35,5	38,5
	7,24	8,88	—	—	—	12,0	—	—	—
NITROFOSZKA (55%)									
a) talajból (mg) . . . . .	24,4	43,5	6,08	22,8	14,4	48,8	1,13	4,74	43,0
b) műtrágyából (mg) . . . . .	16,8	18,1	3,24	8,75	6,15	28,0	0,69	2,28	25,0
c) műtrágya P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kihasználási %-a . . . . .	40,7	29,5	34,4	27,8	29,7	36,5	37,4	32,8	36,8
	6,72	7,24	—	—	—	11,2	—	—	—
NITROFOSZKA (5%)									
a) talajból (mg) . . . . .	23,7	43,5	5,85	24,3	19,7	44,2	0,98	3,02	40,2
b) műtrágyából (mg) . . . . .	17,1	18,2	3,6	8,36	6,04	24,3	0,49	2,28	21,5
c) műtrágya P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kihasználási %-a . . . . .	41,8	29,2	38,0	25,9	30,5	35,5	33,0	43,5	34,8
	6,84	7,30	—	—	—	9,7	—	—	—
NK + Szuperfoszfát									
a) talajból (mg) . . . . .	20,4	27,6	4,56	14,2	7,87	45,1	0,81	1,79	42,5
b) műtrágyából (mg) . . . . .	17,3	16,1	3,2	6,1	6,93	26,3	1,00	3,78	21,5
c) műtrágya P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kihasználási %-a . . . . .	45,8	36,9	41,4	28,5	46,8	36,9	54,5	68,0	33,6
	6,92	6,44	—	—	—	10,5	—	—	—
NK + Ca HPO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O									
a) talajból (mg) . . . . .	18,6	33,9	5,95	17,9	11,06	44,4	0,60	3,27	40,5
b) műtrágyából (mg) . . . . .	11,6	17,9	3,59	6,84	7,44	25,8	0,67	2,06	23,1
c) műtrágya P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kihasználási %-a . . . . .	38,3	33,8	37,9	27,6	40,0	36,8	52,1	41,6	36,2
	4,64	7,16	—	—	—	10,3	—	—	—
NK + Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O									
a) talajból (mg) . . . . .	20,4	34,3	5,25	16,1	11,8	56,7	0,85	3,91	52,1
b) műtrágyából (mg) . . . . .	14,2	14,5	2,85	6,75	4,92	27,8	0,61	2,33	24,7
c) műtrágya P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kihasználási %-a . . . . .	41,1	29,8	35,2	28,2	29,4	32,9	42,0	37,6	31,7
	5,70	5,8	—	—	—	11,1	—	—	—

törvényszerű változásokat. Aratásig a szem súlya a kezelések között majdnem teljesen kiegyenlítődik.

A foszforra vonatkozó növényelemzési adatokat a 7, 8 és 9. táblázatok mutatják.

Ha a zab által a műtrágyából és talajból felvett P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiségi adatait hasonlítjuk össze, megállapíthatjuk, hogy a műtrágyából való foszforfelvétel fejlődési szakaszonként és növényi részenként változik. A fejlődés kezdetén

jobban hasznosítják a műtrágya könnyebben felvehető foszforát, mint a talajét.

Régen megállapították már a foszfát ionok nagy mozgékonyágát a növény szervezetében. Ismeretes az is, hogy a  $P^{31}$  és  $P^{32}$  közötti izotóp csere igen gyorsan megy végbe az élő szervezetben. Azonban a növény különböző foszforvegyületeinek izotóp csere képessége nem egyforma (K l e c s k o v s z k i j [10]). Ezért feltételezhető, hogy a jelzett foszfor eloszlásnak jellege a zabban részben a növény fejlődési állapotától és egyes szerveitől, részben pedig a különböző mozgékonyágú foszforvegyületek mennyiségétől függ.

## 8. táblázat

## Zab tápanyag dinamikája %-ban növényi részenként

(1) Kezelések és vizsgált tápelemek	Növény vegetatív részei				Generatív részei		
	(2) Egész növény	(3) Levelek		(4) Szárak		(5) Buga	(6) Szem
		VII. 23.	VIII. 5.	IX. 14.	VIII. 5.	IX. 14.	VIII. 5.
NK							
N .....	2,24	2,10	1,03	0,95	0,38	1,50	1,67
$P_2O_5$ .....	0,56	0,30	0,05	0,22	0,04	0,59	0,63
$K_2O$ .....	3,79	0,79	0,26	1,62	0,15	0,76	0,50
CaO .....	1,15	1,59	1,00	0,68	0,57	0,40	0,55
NITROFOSZKA (100%)							
N .....	2,09	2,13	0,74	0,72	0,33	1,68	1,60
$P_2O_5$ .....	0,58	0,35	0,04	0,27	0,05	0,66	0,72
$K_2O$ .....	2,88	1,61	0,21	1,35	0,09	0,96	0,30
CaO .....	1,07	0,96	0,82	0,68	0,34	0,44	0,54
NITROFOSZKA (55%)							
N .....	2,38	1,87	0,83	0,68	0,33	1,53	1,33
$P_2O_5$ .....	0,56	0,38	0,06	0,26	0,06	0,66	0,73
$K_2O$ .....	2,97	1,58	0,19	1,39	0,14	0,94	0,31
CaO .....	1,42	1,03	0,92	0,69	0,26	0,47	0,48
NITROFOSZKA (5%)							
N .....	1,76	1,86	0,73	0,65	0,26	1,55	1,85
$P_2O_5$ .....	0,56	0,33	0,05	0,25	0,04	0,68	0,66
$K_2O$ .....	1,56	1,38	0,10	1,44	0,19	0,92	0,23
CaO .....	1,24	0,91	0,95	0,70	0,30	0,53	0,49
NK + szuperfoszfát							
N .....	1,44	1,90	0,72	0,60	0,25	1,38	1,55
$P_2O_5$ .....	0,59	0,39	0,06	0,25	0,07	0,66	0,75
$K_2O$ .....	0,93	1,82	0,16	1,21	0,26	1,06	0,23
CaO .....	1,13	0,85	1,00	0,65	0,41	0,55	0,58
NK + Ca H $PO_4 \cdot 2 H_2O$							
N .....	2,16	1,72	0,76	0,66	0,25	1,37	1,53
$P_2O_5$ .....	0,54	0,33	0,04	0,22	0,04	0,63	0,62
$K_2O$ .....	0,88	1,46	0,17	1,24	0,19	0,99	1,18
CaO .....	1,52	0,88	0,84	0,49	0,36	0,40	0,49
NK + Ca( $H_2PO_4$ ) $_2 \cdot H_2O$							
N .....	2,04	1,59	0,74	0,64	0,25	1,51	1,58
$P_2O_5$ .....	0,52	0,33	0,04	0,22	0,05	0,63	0,71
$K_2O$ .....	0,89	1,78	0,16	1,34	0,22	1,00	0,16
CaO .....	1,45	1,08	0,96	0,60	0,32	0,25	0,42

Klecskovszkij [10] megállapítja, hogy a növény táplálkozásai körülményeitől függően, különböző részeiben az összes  $P_2O_5$  és  $P^{32}$  tartalom közötti viszony erősen változik. Ezzel lehet magyarázni kísérletünkben is a nagy különbségeket egyes növényi részek elemzési eredményei között. Különösen kevés a műtrágyából felvett foszfor a szárban és legtöbb a levelekben.

Meg kell jegyeznünk, hogy bár a zab a műtrágya foszforát jól felhasználta (az összes felvett  $P_2O_5$ %-ban) a műtrágyafoszfor kihasználási %-a (az adott 250 mg  $P_2O_5$ %-ban) igen alacsony (9,7—15,3% között ingadozik).

Kísérletünkben nem figyelhető meg, hogy a növények a talaj foszfátját jobban értékesítenék nehezen oldódó foszfortárgyak alkalmazása esetén, amit Kalinyin [9] vagy Pleskov és Mukina [17] kísérleteiben tapasztalt. A zab foszfor felvétele (8. táblázat) eléggé egyenlőtlenül történik.

## 9. táblázat

Zab tápanyag (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , CaO) dinamikája. A tápanyagok mg-ban vannak feltüntetve az edény átlagra vonatkoztatva

(1) Kezelések	VII. 23.				VIII. 5.				IX. 14.			
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO	N	$P_2O_5$	$K_2O$	CaO
NK .....	103	26,1	175	53,2	160	37,5	165	103	192	55,7	59,8	108
NITROFOSZKA (100%) .	146	40,4	200	74,4	196	61,2	237	125	220	77,2	46,8	109
NITROFOSZKA (55%) ..	176	41,2	220	105,0	178	61,6	235	123	230	76,8	49,3	90
NITROFOSZKA (5%) ...	127	40,8	113	84,4	179	61,7	249	129	229	68,5	48,8	101
NK + szuperfoszfát .....	93	37,7	60	72,6	120	43,8	163	90	180	71,4	52,5	117
NK + Ca $HPO_4 \cdot 2 H_2O$ .	121	30,2	49	85,3	167	52,8	210	93	215	70,2	48,8	104
NK + Ca( $H_2PO_4$ ) <sub>2</sub> · $H_2O$ .	106	34,6	59	97,2	148	48,8	215	98	228	84,5	50,5	105

Szárba indulásig a tápanyag felvétel aránylag intenzív, később (a kalászoslásig) a vegetatív szervekben ez erősen lecsökken, a generatívokban némileg emelkedik. A foszforfelvétel görbéje a vegetatív részekben még meredekebben lejt később (valószínű a foszfor innen a szembe szervesfoszfátok képződéséhez vagy a talajba vándorol), a szemben pedig tovább emelkedik.

Különbségek a foszfor műtrágyák között a növényben a található viszonylagos és abszolút  $P_2O_5$ -tartalom alapján nem nagyok, de azért jól látható az összes fejlődési fázisban (és növényrészenként is) a nehezebben oldódó foszfátok lassabb felvétele a vízdoldhatóval szemben. Figyelmet érdemel az a tény, hogy a legtöbb esetben a nitrofoszkákból a foszfor (részben a NK is) felvétele valamivel nagyobb, mint a megfelelő egyszerű műtrágya keverékekből. Ezek az adatok részben a tápanyagok egyenletes szemcsén belüli eloszlásával és a tápelemek egymásra gyakorolt hatásával magyarázhatók, melyek elsősorban az összetett műtrágyákban lehetségesek, összhangban az irodalomban [2, 4, 18, 21, 25 és mások] leírt elképzelésekkel.

A táblázat adatai azt mutatják, hogy a zab kalcium felvétele a foszfát műtrágyákból gyakorlatilag elhanyagolható. Se kémiai, se radiometriai elemzés nem bizonyítja azt a feltevést, hogy a gipsz — tehát nagy Ca-tartalmú egyszerű nyersfoszfát — jobban ellátja a növényt kalciummal. A viszonylagos és

## 10. táblázat

A talajból és foszfát műtrágyákból felvett CaO mennyisége mg-ban és műtrágyából az összes CaO %-ában

(1) Kezelések	(2) Adott CaO mennyi- sége mg/edény	(3) Hordozó CaCl <sub>2</sub> Ca <sup>45</sup> O tartalom mg	VII. 23.				VIII. 5.			IX. 14.		
			(4) Talaj- ból mg	(5) Műtrágyából		(4) Talaj- ból mg	(5) Műtrágyából		(4) Talaj- ból mg	(5) Műtrágyából		
				mg	%		mg	%		mg	%	
NK .....	—	—	53,2	—	—	103,6	—	—	108,1	—	—	
NITROFOSZKA(100%)	14	0,15	73,6	0,74	0,99	125,0	0,50	0,40	109,5	0,04	0,04	
NITROFOSZKA (55%)	115	1,34	103,8	1,41	1,34	122,2	1,32	1,07	89,5	0,13	0,14	
NITROFOSZKA (5%)	244	2,80	81,8	2,60	3,08	126,2	3,35	2,58	99,7	0,91	0,90	
NK+szuperfoszfát ...	221	2,55	70,4	2,22	3,06	88,6	1,85	2,04	116,7	0,91	0,78	
NK+Ca HPO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O	141	1,62	83,9	1,41	1,65	91,0	1,61	1,74	104,3	0,25	0,24	
NK+Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	46	0,53	96,5	0,71	0,74	97,9	0,50	0,50	104,9	0,12	0,12	

abszolút (tehát növényvel kivont) kalciumtartalom nem volt nagyobb a szuperfoszfátos kezelésben a tiszta monokalciumfoszfátot tartalmazó kezelésnél. Meg kell itt jegyeznünk, hogy T e r m a n [22] idézett munkájában másokra (Ensminger and Cope) hivatkozva a különböző foszfátok különböző mennyiségű Ca-tartalmának jelentőségét bizonyítja: mégpedig meszesetlen könnyű vályog talajon (pH 6,0) a gyapot termésére a Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> kezelésben volt a legkisebb és fokozatosan nagyobb a Ca növekedésével a CaHPO<sub>4</sub>, majd a Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-os kezeléseknél.

A talaj Ca-tartalmának dinamikája a zabban azt mutatja, hogy fejlődési szakaszonként nincsen olyan nagy különbség, mint a foszfornál. Ezt támasztják alá Ca<sup>45</sup> segítségével végzett korábbi kísérleteink [15] eredményei is, melyek szerint a kalcium nem képes mozogni a növényben felülről lefelé, sőt egyik levelből a másikba sem. Fiatal növények és levelek több Ca-t tartalmaznak, mint a száruk és a generatív részek.

Érdekes jelenséget figyelhetünk meg a növény kalcium tartalmának vizsgálatából is: a növény kalcium felvétele a növekedés előrehaladtával állandóan erőteljesen csökken, ez különösen a vegetatív részekben figyelhető meg. Érdekes az is, hogy a vegetáció kezdetén az egyszerű foszfor műtrágyák lényegesen hátráltatják a zab kalcium felvételét. Az összetett műtrágya nitrogénjének felvehetősége mint látható nem rosszabb, sőt jobb mint az NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

## Összefoglalás

Gyepes podzol talajon zabbal végzett tenyészedény kísérletből szárazanyagfelhalmozódás, kémiai és radiológiai mérések alapján megállapítottuk:

a) Az összetett és egyszerű műtrágyák foszfátjainak vízzoldhatósága és szemcsézettsége nem okozott lényeges hatáskülönbséget a zab termésére és a foszfor felvehetőségét nem befolyásolta a közismert módon.

b) A nitrofoszkek tápanyagainak (N, P, K) felvehetősége jobb a megfelelő egyszerű műtrágyáknál.

c) A műtrágyák foszfortartalmának részesezése a növény összes  $P_2O_5$  tartalmában elég nagy (30—60%), ez az érték a zab fejlődésével időben csökken.

d) A műtrágyák foszfor kihasználási százaléka az alkalmazott  $P_2O_5\%$ -ban kifejezve igen kicsiny (9,7—15,3%).

e) A szuperfoszfát és más foszfáttartalmú műtrágyák kalcium-tartalma nem okozott pozitív hatást a zab kalcium ellátására.

Érkezett: 1960. július 1.

### I r o d a l o m

- [1] Balla, B. & Kincses, Gy.: Kettős műtrágya előállítására nyersfoszfátok salétromsavas feldolgozásával. I. A „NEVIKI 5 ÉVE”, Veszprém, 1955. II. Gazdaságossági értékelés. NEVIKI Közleményei 1. 3—11. 1958.
- [2] Csirikov, V. F.: Agrohimiya kaliya i foszfora. Szelhozgiz, Moszkva, 1956.
- [3] Debreczeni, B.: Összehasonlító vizsgálatok a kettősműtrágya (NIFOSZ) hatásáról. Agrokémiái és Talajtan, 8. 137—162. 1959.
- [4] Debreczeni, B. & Debreczeni, B.-né: Összehasonlító kísérletek különböző egyszerű és kombinált műtrágyákkal. Agrokémiái és Talajtan, 9. 291—306. 1960.
- [5] Demolon, A.: Znaczenie oszszedennovo dikálcijevo foszfata kak udobrenija. V kn. „Primenenie mineralnüh udobrenij v zarubezsnüh sztranah”. Szelhozgiz, Moszkva, 1958.
- [6] Gracsev, D. G.: Znaczenie vodnorasztvorimoj  $P_2O_5$  v szmesannüh i szlozsnüh udobrenijah. Udobrenije i urozsaj. (2) 11—17. 1959.
- [7] Howard, T., Pirson, P. & Enspringer, L.: Szravnitelnaja effektivnoszt razlicsnüh foszfornüh udobrenij. V kn. „Primenenie mineralnüh udobrenij v zarubezsnüh sztranah.” Szelhozgiz, Moszkva, 1958.
- [8] Jakob, A.: Standartizacija udobrenij poszredsztvom szlozsnovo udobrenija. V kn. „Primenenie mineralnüh udobrenij v zarubezsnüh sztranah.” Szelhozgiz, Moszkva, 1958.
- [9] Kalinyin, K. V.: Vlijanie form udobrenija na velicsinu urozsaja i uszvojenie rasztenijam foszfora. Kandid. diszertacija. TSZHA, Moszkva, 1960.
- [10] Kleckovszkij, V. M., Ivanyenko, D. D., Bagaev, V. B. & Racsinszkij, V. V.: Raszpredelénie foszfora v organah rasztenija v opütah sz rádioaktívnum izotopom  $P^{32}$ . Dokladi A. N. SSSR. 58. 93—97. 1947.
- [11] Mulder, E.: Izucenie agronomiczeszkoi cennosztii nitrofoszfata V kn. „Primenenie mineralnüh udobrenij v zarubezsnüh sztranah.” Szelhozgiz, Moszkva, 1958.
- [12] Nabiev, M. N.: Azotnokiszlaja pererabotka foszfatov. Izd. AN. Üzb. SSR, Taskent, 1957.
- [13] Peterburgszkij, A. V.: Szlozsnüe udobrenija. Izd. Znanie, Moszkva, 1959.
- [14] Peterburgszkij, A. V.: Proizvodsztva i primenenije szlozsnüh udobrenij vo Francii. Izd. Minisztersztvo sz/h. SSSR, Moszkva, 1960.
- [15] Peterburgszkij, A. V., Debreczeni, B. & Egri, K.: Szravnitelnoe izucenie dejsztvija szlozsnüh i prosztüh udobrenij pri razlicsnüh szrokah i szposzobah ih vnezsenija i v szvjazi sz rasztvorimosztju foszfatov. Dokl. TSZHA, 52. 143—153. 1960.
- [16] Peterburgszkij, A. V. & Szidorova, H. K.: O peredvizsenii kalcija i foszfora v rasztenijah. Referatü dokladov TSZHA. (21) 1955.
- [17] Pleskov, B. P. & Muhina, G. P.: Szravnitelnoje izucenie uszvojenija kukuruzoj foszfora iz razlicsnüh mecsennüh foszfornüh udobrenij. Izvesztija TSZHA. (3) 178—185. 1957.
- [18] Prjanyisnyikov, D. N.: Agrohimiya. Szelhozgiz, Moszkva, 1940.
- [19] Prjanyisnyikov, D. N.: Novüj szposzob pererabotki foszfatov. Vesztnik szelszkogo hozjajsztva (23) 1908.
- [20] Staroska, L. W. & Hill, W. L.: Influence of soluble salts on the solubility and plant response to dicalciumphosphate. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19. 193—198. 1955.
- [21] Szmírnov, P. M. & Pleskov, B. P.: Vlijanie NK i organicszeszkogo vcseszsztva na iszpolzovanie foszfora superfoszfata kartofelem. Dokladü A. N. SSR. (4) 1955.
- [22] Terman, G. L.: Crop response to commercial fertilizers in relation the granulation

- and water solubility of the phosphorus. *Economic and Technical Analysis of Fertilizers Innovations and Resource Use*. Ames. 393. 37—54. 1957.
- [23] *Turcsin, F. V. & Szokolova, V. J.*: Effektivnost szlozsnüh udobrenij, polucsaajemüh na osznove azotnokiszlotnoj pererabotki foszfátov. *Udobrenie i urozsaï*. (10) 11—20. 1959.
- [24] *Selke, B.*: Racionalnoe iszpolzovanie mineralnüh udobrenij v G. D. R. *Mezsdunarodnii szelszkohozajsztvonnii Zs.* (2) 43—62. 1957.
- [25] *Volfkovics, Sz. I.*: Progress himii i himiceszkoi tehnologii foszfornüh udobrenij. *Uszpehi himii* 25. 1309—1336. 1956.

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СЛОЖНЫХ И ПРОСТЫХ УДОБРЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПО РАСТВОРИМОСТИ ФОСФАТОВ И РАЗМЕРУ ГРАНУЛ. I. ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ С ПОМОЩЬЮ РАДИОАКТИВНОГО ИЗОТОПА P<sup>32</sup>

А. В. Петербургский и Б. Дебрецени

Кафедра Агрохимии Сельскохозяйственной Академии имени К. А. Тимирязева, Москва

Резюме

В своих исследованиях мы изучали действие сложных удобрений типа нитрофоски, полученных на основании разложения природных фосфатов азотной кислотой, сравнивая со смесью простых удобрений.

В первой части нашей работы мы публикуем результаты двух вегетационных опытов.

Растворимость фосфатов в воде в % от цитратнорастворимого в нитрофосках колебалась в пределах 5—10%. В первом опыте наша цель была установить корреляцию между растворимостью фосфатов и размером гранул удобрений. Во втором опыте изучали доступность фосфора из неодинаково растворимых порошковидных фосфорных соединений. Параллельно с этим изучали и значение кальция фосфорных удобрений с помощью Са<sup>45</sup>. Вегетационные опыты проводили с овсом на дерново-подзолистой почве. На основании полученных урожайных данных, результатов химических и радиометрических анализов нами установлено следующее:

1. Растворимость фосфатов и неодинаковый размер гранул сложных и простых удобрений (нитрофоски, суперфосфат, преципитат) не оказали большого влияния на урожай овса и доступность фосфора овсу.

2. Доступность питательных веществ (N, P K) из нитрофосок оказалась несколько лучше, чем из соответствующих смесей простых удобрений.

3. Участие фосфора удобрений в содержании общей P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> растений довольно высокое (30—60%), но эта величина с развитием овса уменьшается.

4. Коэффициент использования фосфора удобрений в % от применяемого количества P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на сосуд, как вообще известно, крайне низкий (9,7—15,3%).

5. Кальций суперфосфата и других фосфорных удобрений не играет существенной роли в питании овса.

*Табл. 1.* Состав удобрений (в %). (1) Название удобрений. (2) Способ удаления излишнего катиона Са (сульфатный, вымораживанием и карбонатный способы). (3) Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в водной и цитратной вытяжках. (4) Содержание воднорастворимой P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в % от цитратнорастворимой (5). Сумма питательных веществ в %.

*Табл. 2.* Некоторые агрохимические данные почвы вегетационных опытов.

*Табл. 3.* Урожай зерна и соломы овса (среднее из 4-х сосудов). (1) Варианты. (2) Содержание воднорастворимой P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в % от цитратнорастворимой. (3) Физические свойства удобрений: а) гранулированный в) порошковидный. (4) Вес всего растения в г. (5) Вес зерна в г и %. (6) Вес соломы в г и в %. (7) Соотношение зерна к соломе, зерно — 1.

*Табл. 4.* Содержание питательных веществ урожая овса. (1) Варианты (в скобках — содержание воднорастворимой P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в % от цитратнорастворимой). (2) Физические свойства: а) гранулированный, в) порошковидный. (3) Зерно. (4) Солома. (5) Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в % и в мг/сосуд, N и K<sub>2</sub>O в мг/сосуд всего урожая.

*Табл. 5.* Удельная активность и содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и Са меченых удобрений. (1) Название удобрений. (2) 1000 имп/мин. в 1 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> водной и цитратной вытяжек и сухих удобрений, (3) 1000 имп/мин. в 1 мг Са. (4) Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в % водной и цитратной вытяжки. (5) Определение Са в 25% HCl вытяжке.

Табл. 6. Вес сухого вещества в г (9 раст.). (1) Варианты. (2) Вес всего растения. (3) Листья. (4) Стебли. (5) Метелки. (6) Зерно.

Табл. 7. Количество  $P_2O_5$ , усвоенного из удобрений и почвы, в мг и %. (1) Варианты и анализ  $P_2O_5$ : а) из почвы, в) из удобрений, с) коэффициент использования  $P_2O_5$  удобрений. (2) Всего растения. (3) Листья. (4) Стебли. (5) Метелки. (6) Зерно.

Табл. 8. Динамика питательных веществ в % по органам овса. (1) Варианты и питательные элементы. (2) Всего растения. (3) Листья. (4) Стебли. (5) Метелки. (6) Зерно.

Табл. 9. Динамика питательных веществ овса в мг: (1) Варианты.

Табл. 10. Количество CaO, усвоенное из почвы и фосфатных удобрений и в % из удобрений от общего CaO. (1) Варианты. (2) Количество CaO мг/сосуд. (3). Количество  $Ca^{45}$  носителя  $Ca^{45}Cl_2$  в мг. (4) Из почвы в мг. (5) Из удобрений в мг и %.

## Studies on the Effectivity of some Simple and Complex Fertilizers of Different Solubilities and of Different Grain Sizes. I. Pot Experiments with Isotope Tracer Techniques ( $P^{32}$ )

A. V. PETERBURGSKIJ and B. DEBRECZENI

Department of Agricultural Chemistry, Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow

### Summary

The effectivity of complex fertilizers of the *Nitrofoska*-type (obtained from raw phosphates by treatment with conc.  $HNO_3$ ) was compared to that of mixtures of the respective simple fertilizers. The results of two culture pot experiments are reported in this paper.

Five to 100 per cent of the citrate-soluble phosphorus content of the complex fertilizers studied was soluble in water. The first experiment was run to study the effect of grain size with the above complex fertilizers. In the second experiment  $P^{32}$  was applied to study the relation of water solubility to uptake of phosphorus in the *Nitrofoska*-type fertilizers. The significance of the Ca-content of the phosphates was also studied in the latter experiment, by the simultaneous application of  $Ca^{45}$ . Oats were grown on grassy podsol soil in pots: dry matter accumulation by the plants was followed, and chemical determinations of the macronutrient elements were supplemented by tracer techniques. The observations led us to the following conclusions:

1. No significant difference in the effectivity of the fertilizers studied was observed, due either to differences in water solubility or to differences in grain size — with respect to oat yield as well as to phosphorus uptake.

2. Uptake of N, P and K from the *Nitrofoska*-type fertilizers was superior to that from mixtures of the respective simple fertilizers.

3. A high per cent of the total, about 30 to 60% of the  $P_2O_5$  content of plants, was found to have been taken up from the fertilizers though this value was observed to decrease with the age of plants.

4. In accordance with the general observation, utilization of the  $P_2O_5$  applied was very low (9.7 to 15.3%).

5. The Ca-supply of the plants was not improved by the Ca-content of the fertilizers.

Table 1. The nutrient content of the fertilizers applied (%). (1) Fertilizer. (2) Treatment to remove surplus Ca (sulfate precipitation, freezing out, or carbonate treatment). (3)  $P_2O_5$  content, water soluble and citrate soluble. (4) Ratio of citrate-soluble and water soluble P-per cent. (5) Total nutrient content

Table 2. Some agrochemical characteristics of the soil applied

Table 3. Grain and straw yield of the oats (average for 4 pots). (1) Treatment. (2) Ratio of citrate soluble and water soluble P-per cent. (3) Physical state of the fertilizer (a = granulated, b = dust). (4) Plant weight, g. (5) Grain weight, g/plant and % of total weight. (6) Straw weight, g/plant and % of total weight. (7) Grain to straw ratio (w/w)

Table 4. Nutrient content of the crop. (1) Treatment (in brackets: Ratio of citrate soluble and water soluble P-per cent). (2) Physical state of the fertilizer (a = granulated,

b = dust). (3) to (5) Per cent  $P_2O_5$  content, and  $P_2O_5$ , N and  $K_2O$  mg/pot in grain (3), straw (4) and total crop (5)

*Table 5.* Specific activity, total  $P_2O_5$  and total Ca content of the fertilizers. (1) Fertilizer. (2) Specific activity of P ( $10^3$  imp/minute/mg  $P_2O_5$ ): water extract, citrate extract, dry fertilizer. (3) Specific activity of Ca ( $10^3$  imp/minute/mg Ca). (4) Per cent  $P_2O_5$  content of the fertilizer (water-soluble and citrate-soluble). (5) Per cent Ca content of the fertilizer extracted by 25% aqueous KCl solution

*Table 6.* Dry weight of oat plant (g per 9 plants). (1) Treatment. (2) Whole plant. (3) Leaves. (4) Stems. (5) Panicles. (6) Grains

*Table 7.* Source of the phosphorus taken up by the plants (mg  $P_2O_5$  and % of total). (1) Treatment: a) soil, b) fertilizer, c) per cent utilization of the fertilizer. (2) Whole plant. (3) Leaves. (4) Stems. (5) Panicles. (6) Seeds

*Table 8.* Per cent macronutrient content of different parts of oat plants. (1) Treatment and nutrient studied. (2) Whole plant. (3) Leaves. (4) Stems. (5) Panicles. (6) Seeds

*Table 9.* Macronutrient content of different parts of oat plants (mg per plant). (1) to (6) as in Table 8

*Table 10.* Source of Ca taken up by the plants. (1) Treatment. (2) CaO given, mg per pot. (3)  $Ca^{45}O$  content of the fertilizer. (4) and (5) Amounts of Ca taken up by the plants from soil, mg (4) and from fertilizer, mg and % total (5)