

Nehezen oldható foszfátműtrágyák érvényesülésének vizsgálata P^{32} -vel

KALININ K. V. és DEBRECZENI BÉLA

*Tyimirjázev Mezőgazdasági Akadémia Agrokémiai Tanszéke,
Moszkva*

A radioaktív izotópok fontos helyet foglalnak el a biológiai kutatásokban és különösen a biológiai és agronómiai kémiában. E módszer előnye más módszerekkel szemben elsősorban abban rejlik, hogy lehetőségünk van a talajból és trágyából felvett egyes tápelemek mennyiségi meghatározására a növényekben. Az agrokémiai kutatásokban a jelzett atomok módszere között az utóbbi időkig vezető helyen szerepelnek a radioaktív foszforral végzett munkák. Ez nemcsak azzal magyarázható, hogy a radioaktív foszfor aránylag könnyen hozzáférhető és a vele való munka kényelmesebb más radioaktív izotópoknál, hanem azzal a nagy törekvéssel is, hogy mielőbb megoldjuk a növények foszfát táplálkozásának és a foszforműtrágyák alkalmazásának fontos gyakorlati kérdéseit. A jelzett foszfor műtrágyákkal végzett kísérletek nem bizonyították be azt a feltételezést, hogy a talaj foszfátja egyformán használódik ki foszfortrágyázás esetén vagy anélkül. Foszfor műtrágyák alkalmazásakor megfigyelhető a talaj foszfát kihasználásának mind csökkenése, mind növekedése [2, 5, 8—10, 16, 18]. A P^{32} alkalmazása lehetővé tette a különböző foszforműtrágyák összehasonlítására szolgáló módszerek lényeges megváltozását és kiegészítését. E célból javasolták [3, 4, 11, 16] a szelektív foszfát adszorpciós módszert. E módszerrel KORICKÁJA [11] vályogos podzol talajon megállapította, hogy a zab több foszfort vett fel a Thomas-salakból, izzított foszfátból és szemészes szuperfoszfátból, de a foszforitliszthól kevesebbet, mint a poralakú monokalcium-foszfátból. Igaz, az adott kísérletben a számítás alapjául az a feltevés szolgált, hogy a növény a talaj foszforját pontosan egyformán veszi fel műtrágyázott és nem műtrágyázott kezelésben is. Ez azonban a fentebb említett irodalmi hivatkozások szerint erősen kétséges.

A szelektív foszfát adszorpciós módszer alkalmas nemcsak a foszforműtrágyák, hanem a talajok foszfát felvehetőségének az elbírálására is [1, 15—17]. Az ezzel a módszerrel meghatározható felvehető foszfor mennyisége azonban szintén csak egy viszonylagos szám, mivel a kiindulási alap, amely szerint az adott jelzett trágya és a talaj felvehető foszfát tartalma egyformán érvényesül, nem felel meg a valóságnak. Ezenkívül a talajban sok, különböző felvehető foszfátforma van, amelyeknek érvényesülése nemcsak a foszfátok tulajdonságaitól, hanem azok mennyiségétől és a kísérleti körülményektől is függ [13].

A talaj felvehető foszfátmennyiségének meghatározására szolgáló, LARSEN [12], FRIED és DEAN [6] által számított képlet is abból a feltételezésből indul ki, hogy a talajfoszfátok érvényesülése arányos az adott jelzett foszfát érvényesülésével.

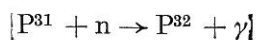
RUSSEL és mások [15] kísérleteik alapján a felvehető foszfor meghatározásának izotópcsere vagy izotóp hígítós módszereit nem tartják univerzális módszernek, a növény foszfortáplálkozása szempontjából. Szerintük ez a módszer a talajfoszfátok azon mennyiségének meghatározására szolgál, amelyben a talajba vitt jelzett foszfátok „felhígulnak”.

Mint ismeretes [14], jelzett foszforműtrágyák előállításában véve háromféleképpen történhet:

1. A műtrágya alapos elkeverése P^{32} -t tartalmazó foszforsav sóival megfelelő formában. Ez a módszer csak oldható műtrágyák esetén alkalmas, de az általunk tanulmányozott (termo és fluortalanított foszfátoknál, Thomas- és foszfát salaknál) műtrágyák jelzésére használhatatlan.

2. Radioaktív foszfor hozzáadása valamely komponenshez a műtrágyagyártás folyamán. Ez a módszer laboratóriumi körülmények között gyakorlatilag nem alkalmas (a technológiai előírások betartása végett) Thomas- és foszfátsalak és igen nehéz termo és fluortalanított foszfátok előállítására céljára.

3. Kész foszforműtrágyák neutron besugárzása. Ebben az esetben a radiofoszfor a műtrágya stabil foszforából (P^{31}) keletkezik a következőképpen:



Ez a módszer különösen érdekes lenne a nehezen oldható foszfátok esetén de nagyon sok hiányossága van, ugyanis a műtrágyák neutronbesugárzásakor radioaktív melléktermékek keletkeznek (főleg a bonyolult összetételű Thomas- és foszfátsalak műtrágyáknál), ezenkívül a radiofoszfor jelentős része a keletkezett redukált és kondenzált foszfátokban lesz jelen, ami nagymértékben befolyásolja az ily módon előállított jelzett foszforműtrágyával végzett kísérletek megbízhatóságát. Ilyenformán, adott esetben a három eljárás nem ad módot arra, hogy a kísérleti trágyákat jelzett formában előállíthassuk.

Ezért a vizsgálandó foszfát műtrágyák növények általi felvehetőségének megfigyelése, valamint azok hatása a talaj foszforának érvényesülésére más eljárás felhasználására késztet bennünket.

A SZOKOLOV-féle [16, 17] szelektív foszfát adszorpciós módszernek a kísérleti sémája a következő (a csillaggal a jelzett anyagokat jelöltük):

1. Talaj + standard műtrágya* (teljes P_2O_5 adag).
2. Talaj + standard műtrágya* ($1/2 P_2O_5$ adag) + vizsgálandó műtrágya ($1/2 P_2O_5$ adag).
3. Talaj + standard műtrágya (fél adag P_2O_5) + vizsgálandó műtrágya* ($1/2 P_2O_5$ adag).
4. Talaj + vizsgálandó műtrágya* (teljes P_2O_5 adag).

Mint a kísérleti sémából látható, mind a két műtrágya (standard és a vizsgálandó) felváltva jelzett és nem jelzett formákban használatosak, ezért ez így nem alkalmazható a rendelkezésünkre álló nehezen oldható foszforműtrágyák tanulmányozásánál.

A fenti ismertett munkák eredményeiből kiindulva arra az elhatározásra jutottunk, hogy a szelektív foszfát adszorpciós kísérleti sémát kissé módosított formában alkalmazzuk, amikor is a talaj felvehető foszfátjainak P^{32} -vel való egyidejű jelölésével a vizsgálandó trágyát nem jelölt formában használjuk [7]. Ilyenformán a kísérleti séma a következőképpen alakul:

1. Talaj* + szuperfoszfát (teljes P_2O_5 adag),
2. Talaj + szuperfoszfát* (teljes P_2O_5 adag),

3. Talaj* + szuperfoszfát (fél P_2O_5 adag) + vizsgálandó műtrágya (fél P_2O_5 adag),

4. Talaj + szuperfoszfát* (fél P_2O_5 adag) + vizsgálandó műtrágya (fél P_2O_5 adag).

5. Talaj (foszforműtrágyák nélkül),

6. Talaj* + vizsgálandó műtrágya (teljes P_2O_5 adag).

Az 1. és 2. kezelés növényeinek összes P_2O_5 kémiai meghatározásával valamint ismerve a szuperfoszfát foszforának fajlagos aktivitását, ki tudjuk számítani a növény által a talajból felvett foszfát fajlagos aktivitását.

A 3. és 4. kezelés növényeinek összes P_2O_5 tartalmának kémiai meghatározásával, valamint ismerve a talaj foszforának és a szuperfoszfát foszforának fajlagos aktivitását, meghatározzuk a különbségből a vizsgálandó műtrágyából a növény által felvett P_2O_5 mennyiségét.

Az 5. kezelésben a foszforműtrágya nélküli talajon nőtt növények összes P_2O_5 tartalmát, a 6. kezelésben pedig közvetlenül a nehezen oldható kísérleti foszfát műtrágyából felvett foszformennyiséget tudjuk meghatározni. A 3. és 4. kezelésben a fejlődés kezdetén a szuperfoszfát a növény gyökérfejlődésére kedvezően hat, s ezzel közvetve befolyásolja a kísérleti foszfátok felvehetőségét is. Ezt a hatást a 6. kezeléssel kiküszöbölhetjük.

Kísérleti rész

A fent ismertetett kísérleti vázlat szerint 1959-ben beállítottunk egy kísérletet, melyben kísérleti műtrágyaként Thomas-salakot, fluortalanított foszfátot és foszfátsalakot használtunk.

1960-ban a kibővített séma ellenőrzése céljából (felhasználva mindkét foszforműtrágyát — standard és a vizsgálandó műtrágyákat jelzett formában) beállítottunk egy másik kísérletet szuperfoszfáttal és dikalciumfoszfáttal.

A kísérletek talaja savanyú gypespodzol talaj, melynek agrokémiai jellemzői az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat

A talajok agrokémiai jellemzése

(1) A kísérlet ideje	(2) pH (KCl)	(3)			(4) V%	(5)	
		Hidr. acid.	T	S		P_2O_5 (Kírszánov)	K_2O (Pejve)
		mg. e. é/100 g				mg/100 g	
1959.	4,8	4,72	18,52	13,80	74,5	3,75	20,0
1960.	4,5	4,17	15,79	11,62	73,5	3,75	9,6

Az 1959-es kísérletben a foszfátok hatásának fokozása céljából a talajt homokkal hígítottuk 1 : 1 arányban. A kísérlethez 4 kg talajt tartalmazó üvegedényeket használtunk. A foszfátműtrágyákat NK alapon, edényenként 0,75 g N és K_2O (ammóniumnitrát és káliumklorid oldatban) 0,1 g (teljes adagú) és 0,05 g (féladagú) P_2O_5 citrátoldható foszforsavra számolva adagoltuk. A kísérlet három ismétléses volt. A talaj felvehető foszfátjainak jelzése $Na_2HP^{32}O_4$ oldat talajba juttatásával történt „súlytalan” foszforral (kb. 0,4 mg P_2O_5 /edény), de nagy 100 μC /edény aktivitással. Az oldat talajbajuttatása és

alapos összekeverése után három napig érleltük, azután újra összekevertük a talajt, majd megtöltöttük a tenyészedényeket. A foszfácionok talaj általi leköttődése és az izotopsere reakció nagyon gyorsan megy végbe, ezért feltételeztük azt, hogy a talajba juttatott radioaktív foszfor az edény megtöltése előtt alapjában a növény által legkönnyebben felvehető talajfoszfátok közé beépül.

Szuperfoszfáttal edényenként teljes adagú P_2O_5 esetén 120 μC és féladagú P_2O_5 esetén 60 μC aktivitást juttattunk a talajba. A jelzett szuperfoszfát fajlagos aktivitása a bevitel napján 1,06 $\mu C/l$ mg P_2O_5 (a fajlagos aktivitás a műtrágya összes P_2O_5 tartalmára van számolva).

A zab vetése június 6-án, aratása augusztus 25-én (10 növény/cdény) történt.

Az 1959. évi kísérletben felhasznált termofoszfátok a következő mennyiségű összes és 2%-os citromsavoldható foszfort tartalmazták (%-ban): fluortalanított foszfát 39,29 és 33,44, Thomas-salak: 16,79 és 13,88, foszfátsalak: 12,50 és 10,95, szuperfoszfát 21,85 és 19,33%.

A szuperfoszfát és a termofoszfátok együttes alkalmazása a növény fejlődésének kezdetén jobb fejlődési körülményeket biztosít a növénynek a szuperfoszfát foszforának nagyobb felvehetősége következtében. Ugyanakkor a kísérleti trágyák lúgos kémhatása bizonyos fokig megőrzi a szuperfoszfát foszfor-savát attól, hogy nehezebben felvehetővé váljon a talajban és egyidejűleg növeli a savanyú talajoknál az Al és Fe által kötött talajfoszfor felvehetőségét (2. táblázat).

2. táblázat

A zab termése és foszfortartalma

(1) Kezelések	(2) Zab összes termése g/cdény	(3) Szemtermése g/cdény	(4) P_2O_5 %-ban	
			szem	szalma
NK	2,53	0,54	0,82	0,21
NK + P_{TF} (fluortalanított foszfát)	4,95	1,80	0,79	0,24
NK + P_{TS} (Thomassalak)	7,38	1,81	0,76	0,25
NK + P_{FS} (Foszfátsalak)	6,83	1,70	0,77	0,20
NK + P_{SP} (Szuperfoszfát)	8,66	2,46	0,90	0,22
NK + $\frac{1}{2} P_{SP}$ + $\frac{1}{2} P_{TF}$	7,22	2,35	1,04	0,20
NK + $\frac{1}{2} P_{SP}$ + $\frac{1}{2} P_{TS}$	8,03	2,48	1,06	0,25
NK + $\frac{1}{2} P_{SP}$ + $\frac{1}{2} P_{FS}$	7,48	2,40	1,00	0,23
Kísérleti hiba SzD_3 %	0,92	—	—	—

A táblázatból látható, hogy a teljes adagú termofoszfát keve sebb össze és szemtermést adott, mint a teljes adagú szuperfoszfát. Ez a tény valószínűleg abból ered, hogy a növény reproduktív szerveinek kifejlődése idején a foszfortáplálkozásnívója alacsony volt. A féladagú szuperfoszfát és termofoszfát együttes alkalmazásakor kapott szemtermés azonos a teljes adagú szuperfoszfát okozta termékkel.

A zab százalékos foszfortartalma a teljes adagú termofoszfátos kezelésben kisebb, mint a teljes adagú szuperfoszfátnál, de legnagyobb a féladagú termofoszfát és szuperfoszfát esetében.

Az adatok értékelésénél, melyek a növény által felvett talajfoszfátok és vizsgálandó trágya foszformennyiségét fejezik ki, az látszik, hogy a műtrágyák alkalmazása 2—3-szorosan növeli a talajfoszfátok felvehetőségét a foszfor nélküli kezeléshez viszonyítva (3. táblázat).

3. táblázat

A zab által felvett foszfor szétbontása a talaj, szuperfoszfát és termikus foszfátok foszforjára

Szám	(1) Kezelések	(2) P ³² aktivitás ezer imp/perc	(3) Felvett P ₂ O ₅ mg/edény			
			Összes P ₂ O ₅	Talajból	P _{NP} (szuperfoszfátból)	Termikus foszfátokból
1.	NK (alap)	—	10,90	10,90	—	—
2.	Talaj* + P _{IF}	31,73	28,58	16,54	—	12,04
3.	Talaj* + P _{TS}	48,35	35,43	25,44	—	9,99
4.	Talaj* + P _{FS}	42,36	29,89	22,25	—	7,64
5.	Talaj* + P _{SP}	54,35	44,25	28,55	15,70	
6.	Talaj + P _{SP} *	81,66				
7.	Talaj* + ½ P _{SP} + ½ P _{IF}	39,51	42,76	20,80	6,63	15,33
8.	Talaj + ½ P _{SP} * + ½ P _{IF}	34,40				
9.	Talaj* + ½ P _{SP} + ½ P _{TS}	51,17	49,75	26,90	7,56	15,29
10.	Talaj + ½ P _{SP} * + ½ P _{TS}	39,30				
11.	Talaj* + ½ P _{SP} + ½ P _{FS}	50,51	45,03	26,61	8,58	9,84
12.	Talaj + ½ P _{SP} * + ½ P _{FS}	44,57				

Levezetünk egy példát, a 3. táblázat adatainak kiszámolására. Kísérleti úton megállapítottuk, hogy a szuperfoszfát foszforának fajlagos aktivitása 5,2 ezer imp/perc volt 1 mg P₂O₅-re számítva. A talajból származó foszfor fajlagos aktivitásának meghatározása a következőképpen történt. Az 5. és 6. kezelésekben egyforma adagú szuperfoszfátot adtunk, az volt a különbség csak, hogy az 5. kezelésben a talajfoszfátokat, a 6. kezelésben pedig a talajba adott szuperfoszfátot jeleztük P³²-vel. Elméletileg mindkét kezelés növényeiben egyforma mennyiségű összes P₂O₅ tartalom kell hogy legyen, mely a talajból, illetve a szuperfoszfátból származik. Gyakorlatilag kísérletünkben minden párhuzamos kezelésnél közel azonos értékeket kaptunk (pl. az 5. kezelésben a meghatározott összes foszfortartalom egyenlő 43,6 mg-al, a 6. kezelésben 44,9 mg-al), így a továbbiakban átlag-eredménnyel dolgozunk (adott esetben 44,25 mg P₂O₅), és a táblázatban is csak ezt tüntetjük fel.

Ismervo a 6. kezelés növényeinek összaktivitását (81,66 ezer imp/perc) és a szuperfoszfát fajlagos aktivitását, kiszámolhatjuk, hogy a növény 15,7 mg P₂O₅-t vett fel a szuperfoszfátból. Kivonva ezt a mennyiséget a növény összes foszfortartalmából (44,15 mg P₂O₅), megkapjuk, hogy a talajból 28,55 mg P₂O₅ származik.

Ha az 5. kezelés növényeinek aktivitásértékét, mely a talajfoszfátokból ered, (54,35 ezer imp/perc) elosztjuk a talajból eredő foszfortartalommal (28,55 mg), és megtudjuk, hogy a talaj felvehető foszforának fajlagos aktivitása az adott kísérletben keréken 1,9 ezer imp/perc 1 mg P₂O₅-re számítva.

A 7—8. kezelésekben a következőképpen számoljuk ki a növény által talajból és műtrágyából felvett P₂O₅ mennyiségét. A 8. kezelés összaktivitását (34,40 ezer imp/perc) elosztjuk a Psp fajlagos aktivitásával, és megkapjuk, hogy a növények a szuperfoszfátból felvettek 6,63 mg P₂O₅-t. Majd a 7. kezelés növényeinek aktivitásértékét (39,51 ezer imp/perc), mely a talajfoszfátokból ered, elosztjuk a talaj felvehető foszforjának fajlagos aktivitásával (1,9 ezer imp/perc), és megkapjuk, hogy a növények a talajból 20,80 mg P₂O₅-t vettek fel. Most már könnyen kiszámítható a vizsgálandó műtrágya foszforjának érvényesülése (42,76 — [6,63 + 20,80] = 15,33). Hasonlóan számítjuk a 9—12. kezelések adatait is. Még egyszerűbb a számítás a teljes adagú termofoszfátos kezeléseknél. Adott esetben felhasználjuk a növény aktivitását, mely a jelzett talajból ered, és a talaj fajlagos

aktivitását. Felhasználva ezeket az értékeket, meghatározzuk a növény által talajból felvett foszfor mennyiségét. Majd a különbségből kiszámítható a termofoszfátokból származó foszformennyiség.

A 3. táblázat adatai azt mutatják, hogy féladagú termofoszfátos és szuperfoszfátos kezelések növényeinek összes P_2O_5 tartalma nem marad el a teljes adagú szuperfoszfát növényeitől.

Ezen kezelések foszforkihasználásának intenzitása kb. megegyezik a teljes adagú szuperfoszfátos kezeléssel. Pl. a szuperfoszfátnál a növény 13,7% P_2O_5 -t használt fel a műtrágyából, a szuperfoszfát és termofoszfát keverék esetében pedig 11,6—15,5% P_2O_5 származik a szuperfoszfátból. Ugyanakkor a termofoszfátok érvényesülése erősen megnövekedett. Így pl. míg a teljes adagú termofoszfát kezelésben a foszforsav érvényesülése a csak 7,9—10,6% volt, a termofoszfát és szuperfoszfát együttes alkalmazásakor ezen érték 17,8—29,9%-ra növekedett.

Az együttes alkalmazás növelte a műtrágyák érvényesülésének fokát. A teljes adagú szuperfoszfátnál 13,7% P_2O_5 , az együttes fél-fél adagú szuperfoszfát és termofoszfát kezelésnél pedig 16,6—19,2% P_2O_5 került a műtrágyából a növénybe.

Az irodalmi résznél már utaltunk olyan munkákra, melyekben a szelektív foszfát adszorpciós módszerrel és jelzett standard műtrágyák segítségével meghatározták a műtrágya és a talaj felvehető foszfortartalmát. Véleményünk szerint azonban a növény által felvett foszfor aszerinti megosztására, hogy mennyi származik a talajból és a műtrágyából, a talaj felvehető foszfortartalmának P^{32} -vel való jelölése megbízhatóbb eredményeket ad, mint az a módszer, amely feltételezi, hogy a talaj foszfátjainak érvényesülése egyforma a foszforral műtrágyázott és nem műtrágyázott kezelésekben.

A kísérlet eredményei megerősítik azt a tényt, mely szerint a talaj foszfátjai a növény által nem egyformán érvényesülnek a foszfor és a foszfor nélküli kezelésekben. A foszforműtrágyák hatására a kísérletben a növények a talaj foszforát jobban hasznosították.

Felvehető foszforban szegény savanyú talajon a növények jobban kihasználták a műtrágya és talaj foszforát szuperfoszfát (0,10 g/edény) esetében, mint ugyanolyan adagú termofoszfát esetén. Féladagú termofoszfát és féladagú szuperfoszfát együttes alkalmazásával a termofoszfátok foszforát intenzívebben vette fel a növény, mint a szuperfoszfátét.

Az 1960-ban kétféle jelzett műtrágyával beállított kísérletben az volt a célunk, hogy ellenőrizzük a fenti ismertett módszer (1959-es kísérlet) reprodukálhatóságát, oly módon, hogy most nehezebben oldódó foszforműtrágyát (precipitát Pp) jelzett formában is alkalmaztuk.

1960-ban Mitscherlich-féle tenyészedenybe állítottuk be a kísérletet 6 kg talajjal melyben 0,75 g N-t, NH_4NO_3 és 0,5 g K_2O -t KCl oldat formájában adtunk. A foszforműtrágyákat, porszuperfoszfátot és dikalciumfoszfátot edényenként 0,5 g (teljes adagú) és 0,25 g (féladagú) P_2O_5 citrátoldható foszforból számítva adtuk. A szuperfoszfát és dikalciumfoszfát fajlagos aktivitása a bevitel napján 0,24 μC 1 mg P_2O_5 -re számítva. (A jelzett dikalciumfoszfátot az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet izotóp laboratóriumában készítették.) Tehát a jelzett műtrágya foszforral edényenként 60 és 120 μC aktivitást adtunk a fél, illetve teljes P_2O_5 adagnak megfelelően. A talaj felvehető foszfátjainak jelzésre $NaH_2P^{32}O_4$ oldatot használtunk 120 μC /edény aktivitással. A zab vetése V. 26-án, betakarítása teljes éréskor, VIII. 26-án történt. Ismétlések száma 3.

A kísérleti sémát az 1959. évhez képest kissé kibővítettük a következőképpen:

1. Talaj + NK (alap).
2. Talaj* + szuperfoszfát (teljes P_2O_5 adag).
3. Talaj + szuperfoszfát* (teljes P_2O_5 adag).
4. Talaj* + szuperfoszfát (fél P_2O_5 adag) + precipitát (fél P_2O_5 adag).
5. Talaj + szuperfoszfát* (fél P_2O_5 adag) + precipitát (fél P_2O_5 adag).
6. Talaj + szuperfoszfát (fél P_2O_5 adag) + precipitát* (fél P_2O_5 adag).
7. Talaj + szuperfoszfát* (fél P_2O_5 adag) + precipitát* (fél P_2O_5 adag).

A műtrágyák (szuperfoszfát és precipitát) fajlagos aktivitása aratás napján 1,402 ezer imp/perc 1 mg P_2O_5 -re számítva. A talaj felvehető foszforának fajlagos aktivitása a 2. és 3. kezelések segítségével lett meghatározva. A 3. kezelés növényeinek aktivitása 70,69 ezer imp/perc, ezt az értéket, ha elosztjuk a szuperfoszfát fajlagos aktivitásának értékével, megkapjuk, hogy a növények ebben a kezelésben 50,4 mg P_2O_5 -t vettek fel. Kémiai vizsgálat alapján a növények 171,7 mg P_2O_5 -t tartalmaznak, tehát a talajból — a növény által felvett összes foszfor és a szuperfoszfátból felvett foszformennyiség különbsége alapján — 121,3 mg foszforsavat vettek fel.

Ismerve a 2. kezelés növényeinek aktivitását, mely a talaj felvehető foszforából ered, és a talajból felvett foszforsav mennyiségét, ki tudjuk számolni a talaj növénybe jutott felvehető foszforának fajlagos aktivitását, ez egyenlő 354 imp/perc 1 mg P_2O_5 -ra számítva.

Az ismertetett adatok alapján ki lehet számolni a talaj, a precipitát és a szuperfoszfát felvehető foszforsavainak mennyiségét (4. táblázat), a fentebb közölt számításmód alapján.

4. táblázat

A zab termése és talajból, valamint műtrágyából felvett P_2O_5 tartalma

Szám	(1) Kezelések	(2) Termés g/edény			(3) P^{32} akti- vítása ezer imp/perc	(4) Felvett P_2O_5 mg/edény						
		Szem	Szalma	Össze- sen		Szem	Szalma	Össze- sen	Talaj	P_{Sp}	P_P	Össze- sen mű- trágyá- ból
4.	Talaj* + $\frac{1}{2} P_{Sp}$ + + $\frac{1}{2} P_P$	10,2	25,8	36,0	32,80	93,6	33,7	127,3	92,7	—	—	34,6
5.	Talaj + $\frac{1}{2} P_{Sp}^*$ + $\frac{1}{2} P_P$	11,2	21,7	32,9	24,30	97,4	28,2	125,6	—	17,3	—	33,1
6.	Talaj + $\frac{1}{2} P_{Sp}$ + $\frac{1}{2} P_P^*$	10,2	21,2	31,4	22,16	96,9	27,6	124,5	—	—	15,8	—
7.	Talaj $\frac{1}{2} P_{Sp}^*$ + $\frac{1}{2} P_P$	10,5	25,1	35,6	47,20	91,4	32,6	124,0	90,3	—	—	33,7

Jelmagyarázat: P_P precipitát.

A 4. táblázatból, mint látható, a 4. kezelésben a talajból 92,7 mg P_2O_5 -t vett fel a növény, a műtrágyából pedig a különbség alapján 34,6 mg-t. Az 5. és 6. kezelésben a növény által a műtrágyából (szuperfoszfátból és precipitátból) összesen felvett foszformennyiség 35,1 mg. A 7. kezelésben a műtrágyából felvett foszfor 33,7 mg.

Ilyen módon a különböző kezelésekből megállapítható, hogy a növény felvett a talajból 92,7 mg, illetve 90,3 mg P_2O_5 -t, a műtrágyákból 34,6 mg, 33,1 mg, illetve 33,7 mg P_2O_5 -t, vagyis igen közeli értékeket kaptunk akár a jelzett műtrágyákból, akár a talaj felvehető foszfátjának fajlagos aktivitásából számítjuk is ki.

A szalma P_2O_5 tartalmának vizsgálatánál a műtrágyából felvett foszfor nagyobb szórásokat adott, mint a magvizsgálatnál. Valószínűleg ez a szalma alacsony aktivitási értékeiből ered, és ennek alapján nagyobb a valószínűsége a mérési és számolási hibáknak is. Ezért ajánlatos a dózishatást úgy megszabni, hogy a radioaktivitás az összetermésben a kívánt fejlődési időszakban még jól mérhető legyen.

Összefoglalás

1. Ha laboratóriumi körülmények között nem tudunk előállítani nehezen oldható jelzett foszfor műtrágyát, akkor a talajfoszfátok P^{32} -vel való jelzése lehetővé teszi kissé bonyolultabb kísérleti sémával az ilyen műtrágyák foszfor-felvételének mennyiségi meghatározását.

2. A talajfoszfátok P^{32} izotópos jelzése a szelektív foszfát adszorpciós módszer alkalmazásakor lehetőséget ad a csak egy standard jelzett műtrágya felhasználásával a növénybe jutott foszfor szétbontására; a talaj, a standard és a nehezen oldható kísérleti foszfor műtrágya foszforaira.

3. Ismételt ellenőrző kísérlettel — ahol is mindkét műtrágya a standard, és a nehezen oldható is jelzett volt — bebizonyosodott, hogy a talaj fajlagos aktivitásának ismeretében megállapíthatjuk a vizsgálandó nem jelzett műtrágyák foszforának érvényesülését.

Érkezett 1960. december 28.

Irodalom

- [1] ALEKSZEEVA, D. M.: Vlijanie izvesztkovanija pocsv na uszvoenije rasztenijami foszfora. Pocsvovedenie. (10) 38—46. 1958.
- [2] BOGDAN, E. V.: Opüt ispolzovanija izotopov P^{32} dlja harakterisztiki metodov izvlecsenija „podvizsnüh” form foszfátov. Izv. AN SSSR. Szer. Biol. (5) 63—72. 1953.
- [3] BORISOVA, N. I.: Posztuplenije P^{32} v rasztenija iz granulirovannüh i negranulirovannüh foszfátov pri ih szovmesztnom vneszenii. Izv. AN SSSR. Szer. Biol. (1) 110—113. 1954.
- [4] BORISOVA, N. I.: Primenenije izotopa P^{32} pri agrohímicseszkih i pocsvennüh isszledovanijah. Vkn. Primenenije izotopov pri agrohímicseszkih i pocsvennüh isszledovanijah. Moszkva. 1955.
- [5] DEAN, L. A.: Primenenije radioaktivnüh izotopov pri isszledovanii pocsv i udobrenij. Primenenije radioaktivnüh izotopov v promüslennoszti, medicine i szelyszkom hozjajsztve. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1957.
- [6] FRIED, M. & DEAN, L. A.: A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci. 73. 263—271. 1952.
- [7] KALININ, K. V.: Ob ispolzovanii rasztenijami foszfora pocsv i udobrenija. Dokl. TSZHA. 52. 207—213. 1960.
- [8] KASIRKINA, N. V.: Uszvoenie rasztenijami foszfora udobrenij i pocsvü pri raznüh szposzobah vneszenija szuperfoszfata i izveszti na kiszlüh pocsvah. Izv. TSZHA. (3) 143—163. 1957.
- [9] KLECKOVSKIJ, V. M.: Izotopnűj metod i ego primenenija v agrohímii. Izv. TSZHA. (3) 93. 1953.
- [10] KLECKOVSKIJ, V. M.: Izotopü i izlucsenija v agronomii. Trudü Vszeszojuznoj Naucsno-technicseszkoj konf. po primeneniju radioaktivnüh i stabilnüh izotopov i izlucsenij v narodnom hozjajsztve i nauke. Fiziologija rasztenij, Agrohímija, Pocsvovedenije. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1958. 3—20.

- [11] KORICKAJA, G. D.: Iszpolzovanije radioaktivnovo izotopa foszfora dlja opredelenia szravnitelnoj uszvojajemoszti razlicsnüh foszfatov. *Izv. AN SSSR Szer. Biol.* 111—116. 1954.
- [12] LARSEN, S.: The use of P^{32} in studies on the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil.* 4. 1—10. 1952.
- [13] MÁTÉ, F., LATKOVICS, GY-NÉ & KENDE, I.: A radioaktív jelzés alkalmazása a foszfortápanyag felvehetőségének vizsgálatában. I. A talaj és a jelzett foszfátok közötti kölcsönhatás. *Agrokémia és Talajtan.* 9. 79—88. 1960.
- [14] McAULIFFE, D. C., HALL, N. S. et al.: Exchange reactions between phosphates and soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12. 119. 1948.
- [15] RUSSELL, R. S.: Primenenije radioaktivnüh izotopov v promüslennoszti, medicine i szelszkom hozjajsztve. *Izd. AN SSSR. Moszkva.* 1956. 477—490.
- [16] SZABOLCS, I.: Izotópok felhasználása a szovjet talajtani és növényélettani kutatásokban. *Mezőgazd. Kiadó. Budapest.* 1959.
- [17] SZOKOLOV, A. V. & SZERDOBOLSKIJ, I. P.: Primenenije izotopa foszfora v agrohimi-cseszkih isszledovanijah. *Izd. AN SSSR. Moszkva.* 1954.
- [18] SZOKOLOV, A. V.: Iszpolzovanija mecsennovo foszfora v vegetacionnüh opüthal dlja opredelenija uszvojajemüh foszfatov v pocsve. V Kn. Primenenije izotopov pri agrohimi-cseszkih i pocsvennüh isszledovanijah. *Izd. AN SSSR. Moszkva.* 1955.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ P^{32} ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ В РАСТЕНИЯ ФОСФОРА ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ ФОСФАТОВ

К. В. Калинин и Б. Дебрецени

Кафедра Агрохимии, Московский Сельскохозяйственной Академии им. Тимирязева, Москва

Резюме

На дерного-подзолистой почве, бедной запасами усвояемого фосфора были проведены вегетационные опыты с овсом, для изучения усвояемости некоторых термических фосфатов (обесфторенного фосфора, томашлак, фосфатшлак) и преципитата. Для этого применяли следующую видоизмененную схему опыта по избирательному поглощению фосфатов, используя испытываемое удобрение в немеченой форме, но одновременно вводя метку P^{32} в состав усвояемых фосфатов почвы: (* — звездочкой обозначена введение изотопной метки.)

1. Почва * суперфосфат (Psp) — (полная доза P_2O_5).
2. Почва * Psp* (полная доза P_2O_5).
3. Почва * Psp (1/2 доза P_2O_5) + испытываемое удобрение (1/2 доза P_2O_5).
4. Почва * Psp* (1/2 доза P_2O_5) + испытываемое удобрение (1/2 доза P_2O_5).
5. Почва (без фосфорных удобрений).
6. Почва* + испытываемое удобрение (полная доза P_2O_5).

В результате опыта установили, что данная схема дает возможность произвести расделение фосфорной кислоты поступившей в растения на фосфор почвы, стандартного и изучаемого труднорастворимого удобрения.

Закономерность данных, получаемых при использовании показателя удельной активности фосфора почвы, подтверждается проведенным контрольным опытом, где оба фосфорные удобрения (Psp и преципитат) обладали радиоактивной меткой.

Установили также, что растения лучше использовали P_2O_5 удобрения и почвенных фосфатов при внесении полной дозы P_2O_5 (0,1 г на сосуд) в виде суперфосфата, чем при внесении термических фосфатов. При совместном внесении суперфосфата и термических фосфатов в половинных дозах, растения более интенсивно поглощали фосфорную кислоту из термических фосфатов, чем из суперфосфата и урожай зерна не уступали урожаю в варианте опыта с полной дозой суперфосфата.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв.

Таблица 2. Урожай овса и содержание P_2O_5 . (1) Варианты (P_{TF} = обесфторенный фосфат, P_{TS} = томашлак, P_{FS} = фосфатшлак, Psp = суперфосфат). (2) Вес общей массы урожая г. на сосуд. (3) Вес зерна г. на сосуд. (4) P_2O_5 в % в зерне и соломе.

Таблица 3. Расделение фосфорной кислоты, поступившей в растения овса, на фосфор почвы, суперфосфата и термических фосфатов. (1) Варианты (звездочкой обозначено введение изотопной метки). (2) Активность в тыс. имп./мин. на сосуд. (3) Усвояемая P_2O_5 в мг. на сосуд: всего, в том числе из почвы, из суперфосфата и из термических фосфатов.

Таблица 4. Урожай овса и содержание P_2O_5 , поступившей из почвы и фосфорных удобрений. (1) Варианты. (2) Урожай в г. на сосуд зерно, солома и всего. (3) Активность в тыс. имп./мин. (4) Усвояемая P_2O_5 в мг. на сосуд (зерно, солома, всего - в том числе из почвы, суперфосфата, преципитата и из всего удобрения.)

Studies on the Utilization of Poorly Soluble Phosphate Fertilizers with the Use of P^{32}

K. V. KALININ and B. DEBRECZENI

Department for Agricultural Chemistry, Timirjazev Academy for Agriculture, Moscow

Summary

Pot cultures with oat plants are described in which the availability of phosphorus from an acid soil low in available phosphorus content was studied. The utilization of the phosphorus of some thermophosphates (fluor-depleted phosphate, Thomas slag, and phosphate slag) and precipitates was established by labelling with P^{32} only the available phosphorus of the soil and that of a standard fertilizer (superphosphate). The following variants were included:

1. Soil* + Ps_p (Superphosphate normal P_2O_5 dose)
2. Soil + Ps_p^* + (normal P_2O_5 dose)
3. Soil* + Ps_p ($1/2$ normal P_2O_5) + experimental fertilizer ($1/2$ normal P_2O_5)
4. Soil - Ps_p^* + ($1/2$ normal P_2O_5) + experimental fertilizer ($1/2$ normal P_2O_5)
5. Soil without fertilizer
6. Soil* + experimental fertilizer (normal P_2O_5) dose (* stands for P^{32} -label.)

It is concluded that the described modification of the selective phosphate adsorption procedure of Sokolov is a suitable method for the separation into three fractions of the total phosphorus taken up by plants; into those taken up from the soil, from superphosphate, and from hardly soluble fertilizers, respectively. This conclusion is supported by the result of a control experiment, in which a hardly soluble fertilizer (precipitate) was applied in two parallels in labelled, and not labelled forms, respectively. Calculations of uptake from the latter parallel, where the available phosphorus of the soil was labelled, yielded values in good agreement with the direct measurements.

Superphosphate was found to be utilized by oats better than the thermophosphates if the fertilizers were applied in the normal dose (0,1 g P_2O_5 per pot). On the contrary, a half the normal doses thermophosphate-P was taken up more intensively than superphosphate-P. Utilization of the available phosphorus of the soil was also better when fertilizers were applied in the lower dose.

Table 1. Characterization of the experimental soil.

Table 2. Oat yield and phosphorus content of the crop with different fertilizers. (1) Treatments (P_{FF} — fluordepleted phosphate, P_{TS} — Thomas slag, P_{FS} — phosphate slag, Ps_p — superphosphate). (2) Total weight of the above-ground parts of the crop, g per pot. (3) Grain yield, g per pot. (4) Per cent P_2O_5 content of the grain and straw.

Table 3. The origin of the phosphorus taken up by oat plants. (1) Treatments (P^{32} -label is denoted by*). (2) Activity of the applied P^{32} , 1000 c. p. m. per pot. (3) P_2O_5 taken up by the plants, mg per pot: total-P, from the soil, from superphosphate, and from thermophosphate.

Table 4. Oat yield and the origin of the phosphorus taken up by the plants. (1) Treatment. (2) Oat yield, g per pot: grain, straw, and total yield. (3) Activity of the applied P^{32} , 1000 c. p. m. per pot. (4) P_2O_5 taken up by the plants, mg per pot (grain, straw and total uptake; taken up from superphosphate, from precipitated phosphate, and the total sum taken up from fertilizers).