

## A radioaktív jelzés alkalmazása a foszfortápanyag felvehetőségének vizsgálatában

### I. A talaj és a jelzett foszfátok közötti kölcshatás

*MÁTÉ FERENC, LATKOVICS GYÖRGYNÉ és KENDE IMRE  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest*

A radioaktív indikáció alkalmazása lehetőséget teremt arra, hogy az eddiginél pontosabb, részletesebb képet alkossunk a talajok foszforforgárdálkodásának és a növények talajból történő foszforfelvételének folyamatairól. A növények a talajból rendkívül különböző kémiai és fizikokémiai kötésben levő foszfátokat vesznek fel. Trágyázott talajban táplálkoznak a talaj eredeti foszforkészletéből és a trágyaként talajbavitt foszfátokból. Annak eldöntése, hogy a növényben felhalmozódott foszfor milyen arányban származik a műtrágyából és milyen arányban a talajból, illetve a talaj különböző foszfátfrakciói milyen mértékben szolgálnak tápanyagforrásul a növényeknek, csak a jelzett atomok módszerével közelíthető meg. A foszforműtrágyák érvényesülési, hasznosulási fokának megállapítása különböző feltételek között elsőrendű gyakorlati jelentőségű és az izotóp módszer új lendületet adott világszerte az ilyen irányú agrokémiai kutatásoknak.

Az izotóp indikáció alkalmazásának egyik jellegzetes esete annak eldöntése, hogy egy növényben felhalmozódott foszfor milyen forrásokból ered és ezek milyen arányban vesznek részt a kérdéses anyag felhalmozódásában.

A műtrágyák érvényesülési fokának vizsgálata esetén, megjelölve az alkalmazott foszforműtrágya, vagy a talaj eredeti foszfortartalmát sugárzó foszforizotóppal és megmérve a növényben felhalmozódott foszformennyiséget és aktivitást, következtetni lehet arra, hogy a növény által felvett foszfor milyen arányban származott a sugárzó izotópot tartalmazó, vagy nem tartalmazó tápanyagforrásból, a talajból, illetve műtrágyából. Jelölt műtrágya alkalmazásakor, ha a növény csak a műtrágyából táplálkozik, a növényben felhalmozódó foszfor fajlagos aktivitásának meg kell egyeznie a műtrágya foszfortartalmának fajlagos aktivitásával (eltekintve a vetőmag eredeti foszfortartalma által fellépő hibától, amelyet pontosabb vizsgálatoknál számításba kell venni). Amennyiben a növény jelzett műtrágyából és izotóppal nem kezelt talajból táplálkozik, a növény által felvett foszfor fajlagos aktivitása annál kisebb lesz, minél kisebb mértékű a műtrágyából származó foszforfelvétel.

A jelenség leírható a következő formulával:

$$\frac{P_p^{32}}{P_p^{31}} = \frac{P_j^{32}}{A + B} \quad 1.$$

amelyben a  $P_p^{32}$  és  $P_p^{31}$  a növényben mért sugárzó és stabil foszfor, a  $P_f^{32}$  a trágyával bevitt sugárzó foszfor,  $A$  és  $B$  pedig a talajban eredetileg volt, illetve a trágyával bevitt felvehető foszfor mennyiségét jelenti.

Ebből az izotóp-hígítási összefüggésből kis átalakítással olyan összefüggést nyerhetünk, amely közvetlenül alkalmas a műtrágyák érvényesülési fokának kiszámítására. Ha az egyenlet jobboldalát meg is szorozzuk és el is osztjuk a  $\frac{B}{A+B}$  törttel és azt  $k$ -val jelöljük, megkapjuk

$$\frac{P_p^{32}}{P_p^{31}} = k \frac{P_f^{32}}{B} \quad 2.$$

összefüggést. Az egyenletben szereplő  $k$  érték jellemzi a műtrágyák foszfortartalmának hasznosulási fokát, illetve annak százszorosa megadja, hogy a bevitt jelzett műtrágyának hány százalékát vette fel a növény.

A vázolt számítási mód alapján a kutatók sora [4, 6, 9] vizsgálta a legkülönbözőbb foszforműtrágyák és modellanyagok felvehetőségét, hasznosulásának mértékét, kutatták az agrotechnikai tényezők: műtrágyabevitel módja, talajművelés stb. befolyását a foszforműtrágyák érvényesülésére.

Milyen esetekben várhatunk az ismertetett gondolatmenet alapján elvégzett kísérletekből megbízható eredményt, vagy milyen hibalehetőségek jöhetnek számításba? Az egyenlet érvényesülésének feltétele, hogy a növény a rendelkezésére álló jelzett foszfortápanyagot változatlan fajlagosaktivitással vegye fel. Irodalmi közlések szerint [3] igazolódott, hogy a sugárzó és stabil foszforizotópok tápanyagfelvétel szempontjából azonosan viselkednek.

Nem hagyható figyelmen kívül a jelzett műtrágyákkal végzett kísérletek értékelésénél az ionizáló sugárzások biológiai hatása, amely kisebb-nagyobb mértékben módosítja a kísérletekben használt jelzőnövény fejlődését, élettani folyamatait stb. és így az eredmények nem általánosíthatók minden további nélkül a sugárhatásnak ki nem tett növények tápanyagfelvételére. Az alkalmazott izotóp mennyiségének megfelelő megválasztásával elérhető, hogy a sugárzás biológiai hatása csak gyakorlatilag elhanyagolható mértékben változtassa meg a viszonyokat és nem zavarja a trágyázási kísérlet értékelését.

Nehézségeket okozhatnak a sugárzó foszforizotóppal jelölt műtrágyák segítségével végzett trágyázási kísérletek értékelésében azok a rendkívül bonyolult kölcsönhatások, amelyek a talaj és a műtrágyák között mennek végbe. Michael és Machold [7] megállapításai szerint a talaj és a jelzett műtrágya között végbemenő kölcsönhatások 20%, esetleg ennél nagyobb hibát is idézhetnek elő a műtrágya érvényesülési fokára vonatkozó számításokban. E hibalehetőségek részletesebb megismerése érdekében vizsgálatokat végeztünk oldható jelzett foszfátoknak a talajjal végbemenő kölcsönhatásairól, amely vizsgálatok alapot szolgáltathatnak a szükséges helyesbítésekhez.

### Kísérleti rész

Egyik korábbi közleményünkben [5] adatokat közöltünk négy tisztántúli réti talajminta foszfátmegkötésére vonatkozóan. A talajmintákat jelzett foszfátoldattal kezeltük, majd azokból kivonatokat készítettünk Csirikov

rövidített módszere szerint és meghatároztuk a kivonatok foszfortartalmát és aktivitását. Az adatok arra mutatnak, hogy az adott kísérleti körülmények között a sugárzó és stabil foszforizotópokat tartalmazó foszfátionok nem egyenlő arányban kerültek a talaj különböző oldhatóságú foszfátfrakcióiba.

1. táblázat

**Talajkivonatok foszfortartalmának fajlagos aktivitása mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> imp/min**

Talajminta száma	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>	0,5 n CH <sub>3</sub> COOH	0,5 n HCl
	kivonat		
I. sorozat: kezelés ideje 15 min.			
1	2415	2180	2970
2	1995	1975	2375
3	2120	2350	2365
4	2180	1805	2070
II. sorozat: kezelés ideje 120 min.			
1	1885	1860	2305
2	1060	1270	1745
3	2580	1875	2040
4	1335	1920	2070

Említett közleményünk erre vonatkozó adatainak felhasználásával kiszámítottuk a talajkivonat foszfortartalmának oldószerekkel kivont aktivitásmennyiségét az összes bevitt aktivitás százalékában, mely adatokat az 1. és 2. táblázatok tartalmazzák.

2. táblázat

**A talajban lekötődött és a kivonat aktivitás mennyisége az összes bevitt aktivitás %-ában**

Talajminta száma	A talaj által megkötött összes	Oldószerekkel kivont	Oldószerekkel ki nem vont
	aktivitás a bevitt aktivitás %-ában		
I. sorozat: kezelés ideje 15 min.			
1	87,7	68,2	19,5
2	91,7	82,8	8,9
3	86,3	64,5	21,8
4	91,4	66,2	25,2
II. sorozat: kezelés ideje 120 min.			
1	89,6	73,3	16,3
2	93,0	83,9	9,1
3	89,7	72,2	17,5
4	92,3	91,4	0,9

Mint az 1. táblázat adataiból látható, az egyes kivonatoknak azok foszfortartalmára vonatkoztatott aktivitása különböző. A 0,5 n HCl-as kivonat foszfortartalmának fajlagos aktivitása nyolc eset közül hat esetben jóval

nagyobb, mint más oldószerekkel készített kivonatokban, annak ellenére hogy a sósav — mint erélyesebb oldószer — a talaj eredeti foszforkészletéből is nagyobb mennyiséget old ki, mint az enyhébb oldószerek. A megkötött aktivitás nem jelentéktelen része nehezen oldható formába került, mint azt a 2. táblázat adatai tanúsítják.

A további kísérleteket gyomai agyagos réti talaj 20—30 cm-es rétegből vett mintáján végeztük, melynek sajátosságai a következőkben jellemezhetők:  $\text{CaCO}_3$ -at nem tartalmaz, gyengén savanyú (pH 6,8, hidrolitos aciditás 4,85). Nagy higroszkópos nedvességtartalma (5,08%) és adszorpciós kapacitása ( $T = 72,30$  mg ekv/100 g talaj) az agyagos mechanikai összetétellel áll kapcsolatban. Humusztartalma 3,44%. Összes foszfortartalma (királyvizes feltárás útján) 79,3 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /100 g talaj, könnyen felvehető foszforsav Egnér szerint 3,10 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /100 g talaj.

A talajból előkészítés után lemértünk háromszor 400 g-ot és különböző kezeléseknél vetettük alá. A talajmintákat összehoztuk egyenként 1000 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  oldattal, amelyek 0, 160 és 400 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ -öt tartalmaztak  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  vegyületben és amelyekbe jelzett foszforsavat vittünk be gyakorlatilag hordozó nélkül, egyformán 200—200  $\mu$  C aktivitással. A talajminták és az oldatok egyesíté ét úgy végeztük, hogy az egész talajminta egyszerre nedvesedjen át és a talaj egész tömegében egy időben induljanak meg a foszfát-megkötési folyamatok. Az ilyen módon nyert talajszuszpenziót többszöri felrázás után állni hagytuk egy napig. Ezen idő alatt a talajrészecskék leülepedtek, a folyadék tisztáját szivornyával eltávolítottuk és a talajt száradni hagytuk. Az 1. és 2. talajminták egy hét alatt elérték a légszáraz állapotot, a 3. minta azonban csak egy hónap múlva, mivel ebben valamivel több nedvesség maradt, és a felhasznált edény alakja sem kedvezett a gyors kiszáradásnak.

A légszáraz állapot elérése után a talajokat különböző foszfortápanyagvizsgálatoknak vetettük alá. A kezelt talajokból készített kivonatoknak megmértük a foszfortartalmát és aktivitását. A nyert adatokat a 3. és 4. táblázat tartalmazza 100 g talajra vonatkoztatva. Az aktivitásra vonatkozó valamennyi adatot ugyanarra az időpontra számítottuk át, hogy a radioaktív bomlásból eredő eltéréseket kiküszöbölve, egymással összehasonlítható értékeket nyerjünk.

A 0,5 n  $\text{CH}_3\text{COH}$ -ban, valamint a 0,5 n  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -ban oldható foszfátok kivonását Csirikov [1] előírása szerint végeztük. A kivonatok foszfortartalmát kolorimetriásan Arrhenius módszere szerint [2] Dubosque-kolorimeter segítségével mértük.

Az aktivitást a kivonatok 100 ml-ében folyadékszámológó GM-cső segítségével határoztuk meg.

Mint a 3. táblázat adatai tanúsítják, a kezeléseknél megfelelően megváltozott a talajok összes foszfortartalma. Az 1. kezeléshez képest, amelyhez gyakorlatilag hordozó nélkül adtuk az aktivitást a 2. kezelésben 36,1 mg, a 3. kezelésben 97,4 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ -al kaptunk nagyobb értéket, ami arra mutat, hogy a talajok a kezelés során megkötötték a hozzáadott foszformennyiség legnagyobb részét. A foszfátok megkötődése azonban nem arányosan növelte a különböző frakciók foszfát-tartalmát. Az 1. kezeléshez viszonyítva az összes foszfortartalom a 2. kezelésben 1,43-szorosára, a 3. kezelésben 2,24-szeresére növekedett. Ugyanezek a számok az ecetsavban oldható frakciókra vonatkozóan 1,46 és 0,46, a kénsavban oldható foszfátfrakciókra vonatkozóan 1,29,

illetve 1,37. Ezzel szemben a kénsavban ki nem vonható foszfátfrakció 5,0, illetve 21,3-szeresére nőtt meg. A nyert adatok szerint tehát ha nem oldható formában visszük a talajba a foszfátionokat, azok különböző oldhatóságú foszfátfrakcióba kerülhetnek, azonban nem egyenlő arányban, hanem különböző mértékben növelhetik az egyes frakciók mennyiségét, egyebek között attól függően, hogy milyen mennyiségben adunk a talajhoz foszfátot.

3. táblázat

**A talajok különböző oldhatóságú foszfáttartalma**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Kezelés	Összes (királyvízes feltárás)	0,5 n CH <sub>3</sub> COOH-ban kioldott	0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban kioldott	0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban ki nem oldott
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g talaj				
1	79,3	40,6	75,9	3,4
2	115,4	59,5	98,2	17,2
3	176,7	18,2	104,3	72,4

A talajbavitt aktivitás gyakorlatilag teljesen megkötődött és megoszlott a talaj különböző oldhatóságú foszfátfrakciói között. Az adatok szerint a sugárzó foszforizotópot tartalmazó foszfátok nem ugyanolyan arányban kerültek a különböző oldhatóságú frakciókba, mint az összes bevitt foszfor. E megállapítás szemléltetésére az 5. táblázat alkalmas, amelyben a kivonatok foszfortartalmát és aktivitását a kezelt talajok összes foszfortartalmának és

4. táblázat

**A talajkivonatok aktivitása 10<sup>3</sup> imp/perc/100 g talaj**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Kezelés	Összes aktivitás királyvízes feltárásból	0,5 n CH <sub>3</sub> COOH-ban kioldott	0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban kioldott	0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban ki nem oldott
1	123,0	39,1	73,9	49,0
2	123,0	35,1	101,4	21,5
3	123,0	10,2	90,3	32,6

összes aktivitásának százalékában kifejezve tüntettük fel és így a foszfortartalomra és az aktivitásra vonatkozó adatok egymás között közvetlenül összehasonlíthatók.

Az 5. táblázatból látható, hogy a foszfortartalom és az aktivitás százalékos értékei nem esnek egybe és az eltérés kivonatonként és kezelésként lehet a foszfortartalomra is és az aktivitásra nézve is pozitív. Mindezeknek megfelelően az egyes kivonatok foszfortartalmának fajlagos aktivitása nagymértékben különbözhet egymástól (6. táblázat).

Az ismertetett kísérleti eredmények mennyiségi értelmezését nem tudjuk megadni. Ilyen értelmezés igen nagy nehézségekbe ütközik, mivel a talaj kémiai és fizikai kémiai szempontból rendkívül bonyolult rend-

szer és a kísérleteinkben alkalmazott kezelések során is sok másodlagos folyamat mehetett végbe benne. Mégis a megkötődött foszfátok és aktivitás egyenlőtlen eloszlására vonatkozó, első pillanatra meglepőnek tűnő kísérletiada-

5. táblázat

A talajkivonatok foszfáttartalma és aktivitása a talaj összes foszfortartalmának és aktivitásának %-ában

(1) Kezelés	(2) Összes királyvizben oldható	(3) 0,5 n CO <sub>2</sub> COOH-ban oldható	(4) 0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban oldható	(5) 0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban nem oldható	
1	p <sup>31</sup>	100	51,1	95,8	4,3
	p <sup>32</sup>	100	31,8	60,0	40,2
2	p <sup>31</sup>	100	51,8	88,0	14,2
	p <sup>32</sup>	100	28,5	82,3	16,7
3	p <sup>31</sup>	100	10,5	59,0	41,0
	p <sup>32</sup>	100	8,3	73,5	25,4

tainkra valószínű magyarázatot szolgáltatnak azok a megfigyelések, amelyeket egyik korábbi közleményünkben [8] ismertettünk. A foszfátionoknak a talajban történő megkötődése — következésképpen kísérletünkben a P<sup>32</sup>-től származó aktivitás megkötődése is — időben lejátszódó folyamat, amelyek során igen különböző reakciók mehetnek végbe: kémiai kicsapódás, kemo-

6. táblázat

Talajkivonatok foszfáttartalmának fajlagos aktivitása

(1) Kezelés	(2) Összes, királyvizben feltárás	(3) 0,5 n CH <sub>3</sub> COOH-ban kioldott	(4) 0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban kioldott	(5) 0,5 n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -ban ki nem oldott
foszfortartalom fajlagos aktivitása 1 mp/perc/mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
1	1550	963	928	1420
2	1065	590	1030	1250
3	695	553	898	450

szorbeió, ioncsere, átkristályosodás, sőt biológiai adszorbeió is. E reakciók során a megkötött foszfátok igen különböző kötésbe, vegyületekbe kerülhetnek. A különböző reakciók, amelyeknek során az oldatban levő foszfátionok a talajban kötődnek, nagyon eltérő sebességgel mennek végbe. A megkötődés során az oldatban levő aktivitás gyorsabban csökken, mint a foszfátkoncentráció, mert a sugárzó foszforizotópot tartalmazó foszfátok izotópcsere útján is megkötődnek, olyan folyamat útján, ami nem vezet az oldatban vagy a szilárd fázisban a foszfátok általános mennyiségének megváltozásához. Más szavakkal az aktivitás egyenletes eloszlást igyekszik felvenni a talajszuszpenzió folyadékfázisában oldott állapotban levő és a talaj ún. diffuzibilis foszfor-

tartalma között. Ennek megfelelően az oldatban levő foszfátoknak nemcsak a mennyisége csökken időben, de fajlagos aktivitása is. Azokban a foszfátfrakciókban, amelyekben nagy sebességgel kötődik meg a foszfor, egyben nagyobb fajlagos aktivitással is. Ez érthetővé teszi, hogy különböző oldhatóságú foszfátfrakciók fajlagos aktivitása különböző lehet. Természetesen ez az egyenlőtlen eloszlás nem tekinthető egyensúlyi állapotnak, de arra nézve, hogy a talajmintában a bevitt aktivitás milyen körülmények között és milyen idő alatt éri el a teljesen egyenletes eloszlást a talaj egész foszfortartalmában, nem rendelkezünk adatokkal. A mi kísérletünkben hosszú idő alatt nem egyenlítődték ki a foszfátfrakciók fajlagos aktivitásai, olyan hosszú idő alatt sem, amely összemérhető növények tenyészidejével. Ez érthető, ha meggondoljuk, hogy pl. a nagy sebességgel végbemenő kémiai kicsapódás útján keletkezhetnek nagyon kis oldékonyságú kristályok, amelyek foszfortartalmának nagy fajlagos aktivitása igen hosszú ideig nem oszolhat meg a talaj foszfátjai között. Vizsgálataink arra mutatnak, hogy a talaj és a jelzett foszfátok közötti kölcsönhatások bonyolult folyamatok, amelyeket figyelembe kell venni a sugárzó foszforizotópot tartalmazó műtrágyákkal végzett kísérletekben. A talajba vitt aktivitás átalakulást szenved. A talajban termesztett növény egyaránt táplálkozhat a műtrágyából, a talaj eredeti foszforkészletéből és a talajban másodlagosan képződött aktív foszfátvegyületekből és a növényben levő foszfor fajlagos aktivitása a különböző kötésekből eltérő fajlagos aktivitással felvett tápanyag összegeződése, eredőjeként alakulhat ki. Az aktív műtrágya és a talaj kölcsönhatásának mértéke nemcsak a talaj és a műtrágya sajátosságaitól függhet, hanem a műtrágyabevitel módjától, általában a kísérleti körülményektől, ezért ilyen kísérletekben esetenként kell megállapítani, hogy az adott kísérleti körülmények között mekkora hibát okoz a talaj és az aktív műtrágya kölcsönhatása és milyen korrekciókat kell a kísérletek értékelésénél alkalmazni.

### Összefoglalás

1. Egy réti talajmintán végzett adszorpciós vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a talajban megkötődött foszfátok különböző oldhatóságú vegyületekké alakulnak, a talajtól, az alkalmazott foszfátmennyiségtől és a kísérleti körülményektől függően különböző mennyiségű foszfátion kerül a különböző oldhatóságú foszfátfrakciókba.

2. A talajbavitt  $P^{32}$  nem ugyanolyan arányban kötődik meg a foszfátfrakciókban, mint a foszfátok általában. Ez azzal magyarázható, hogy a különböző kötéseken igen különböző sebességgel kötődnek meg a foszfátionok, és az izotópesere révén az oldott állapotban levő foszfátok fajlagos aktivitása az időben változik.

3. Régebbi kísérleteinkben nyert adatok hasonló szempontból végzett értékelése alátámasztotta megállapításainkat.

4. A talaj és a jelzett foszfátok kölcsönhatása során kialakulhat az aktivitás egyenlőtlen eloszlása, ami zavarhatja a jelzett műtrágyákkal végzett trágyázási kísérletek értékelését, ezért az ebből eredő hibákat ilyen kísérletekben korrekcióba kell venni.

*Érkezett: 1959. augusztus 12.*

## I r o d a l o m

- [1] Agrohímieseszkze metodi isszledovanija pocsv. Izd. A. N. SSSR. Moszkva. 1954.  
 [2] *Ballenegger, R.*: Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazd. kiadó. Budapest, 1953.  
 [3] *Comar, C. L.*: Radioisotopes in Biology and Agriculture. McGraw Hill. New York. 1955.  
 [4] *Dean, L. A.*: Primenenie radioaktivnih izotopov pri isszledovanii pocsv i udobrenyii. Dokl. na mezsdunarodnoj konf. po mirnomu iszpolzovaniju atomnoj energii. Izd. A. N. SSSR. Moszkva. 1956.  
 [5] *Máté, F. & Molnár, F.*: Foszfátmegkötődési kísérletek réti talajon. Agrokémia és Talajtan. 5. 165—170. 1956.  
 [6] Mecenije atomi v isszledovanijah pitanija rasztenii i primenenija udobrenij. Trudi szovsesanija. Izd. A. N. SSSR. Moszkva. 1955.  
 [7] *Michael, G. & Machold, O.*: Untersuchungen über die Verwendung von  $P^{32}$  zur Ermittlung der Ausnutzung von Phosphorsäuredüngemitteln. Z. Pfl Ernähr. Düng. 77. 1—18. 1957.  
 [8] *Molnár, F., Máté, V. & Kende, I.*: A talaj  $^{32}PO_4^{3-}$  felvételének kinetikájához. Agrokémia és Talajtan 6. 211—222. 1957.  
 [9] *Szabolcs, I.*: Izotópok felhasználása a szovjet talajtani és növényélettani kutatásokban. Mezőgazd. kiadó. Budapest. 1959.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТУПНОСТИ ФОСФОРА,  
С ПОМОЩЬЮ РАДИОАКТИВНОЙ ИНДИКАЦИИ

## I. Взаимодействие между почвой и меченым фосфорным удобрением.

Ф. Матэ, И. Латкович и И. Кенде

Научно-Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

## Р е з ю м е

Авторы исследовали характер взаимодействия, происходящего между почвой и мечеными фосфорными удобрениями, внесенными в почву, с целью определения размера ошибки при вегетационных опытах.

Из четырех образцов глинистых луговых почв, было взято по 20—20 грамм, к ним добавлено 50 мл. меченого  $KH_2PO_4$ , в котором содержалось 8,78 мг.  $P_2O_5$ . Время взаимодействия было 15 и 120 минут. Вытяжки из этих почв готовились по методу Чирикова, затем измерялось содержание фосфора и его активность (1 и 2 таблица). Получили, что удельная активность различных вытяжек была различной, во многих случаях самой высокой она была в вытяжках, приготовленных самым крепким растворителем. Часть меченого фосфора не растворилась даже в 0,5 н.  $H_2SO_4$ .

В другом нашем опыте были взяты три образца по 400 гр. из луговой глинистой почвы и добавлено 1—1 литр меченого  $KH_2PO_4$  раствора, содержащего 0,160 и 400 мг.  $P_2O_5$ . Активность одного литра раствора была  $200\mu$  С. Суспензия несколько раз встряхивалась и оставлялась стоять на один день, после осаждения почвенных частичек, чистый раствор сливался, а почва высушивалась при комнатной температуре. В первом и втором случае почва высохла до воздушно-сухого состояния за неделю, в третьем случае только через месяц из за технических обстоятельств. Из воздушно-сухой почвы определяли фракциональный состав фосфора и его активность (3 и 4 таблицы). Из полученных данных видно, что адсорбция фосфатов не одинакова в различных по растворимости фракциях. Это зависит, между прочим, от количества, внесенного в почву, фосфора. Активность внесенная в почву, распределялась между разными фракциями не в таком соотношении, как расло содержание фосфора. Вследствие этого удельная активность фосфора различных вытяжек, была неодинакова (6 таблица). Это явление авторы объяснили на основе ранее опубликованных наблюдений (7) тем, что адсорбция фосфора в химических соединениях различных по растворимости, происходит с различной скоростью кроме того, при этом процессе изменяется удельная активность жидкой фазы вследствие явления изотопного обмена. В конце опыта (опыт длился более 2-х месяцев) распределение активности между различными фракциями фосфора было неравномерным. В результате

этого затруднялась оценка, получаемых из вегетационных опытов, результатов а так же затруднялось вычисление степени использования фосфорных удобрений. Поэтому, в по-добных опытах с удобрениями, необходимо определять ошибку, происходящую при взаи-модействии почвы с мечеными удобрениями.

1. Уравнение: Удельная активность фосфора растений в зависимости от удельной активности фосфора удобрений.

$P_p^{31}$   $P_p^{32}$  — содержание стабильного и радиоактивного фосфора в растениях.

$B$  и  $P_p^{32}$  — содержание стабильного и радиоактивного фосфора в удобрениях.

$A$  — исходное содержание фосфора в почве.

2 Уравнение: Для вычисления степени использования меченного удобрения.

$K$  — коэффициент степени использования удобрений.

Табл. 1. Удельная активность фосфора в почвенных вытяжках.

Табл. 2. Активность  $P^{32}$  адсорбированного и растворенного в % от всей актив-ности.

Табл. 3. Содержание в почвах фосфора, различного по растворимости (1) Варианта, (2) валовое содержание фосфора при обработке царской водкой, (3) растворимый о уксовой кислоте, (4) растворимый в серной кислоте, (5) не растворимый в серной кислот.

Табл. 4. Активность почвенных вытяжек.

Табл. 5. Активность и содержание фосфора почвенных вытяжек в % от валового содержания и активности фосфора.

Табл. 6. Удельная активность фосфора почвенных вытяжек.

## Application of the Radioisotope Technique to the Determination of the Available Phosphorus Content of Soils. I. Interactions between $P^{32}$ and the Soil

*F. MÁTÉ, I. LATKOVICS, and I. KENDE*

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

### Summary

The nature of interactions between the soil, and  $P^{32}$  administered in the form of soluble phosphates, has been studied by the authors. These experiments were undertaken in order to provide a sound base for later fertilizer experiments involving the use of  $P^{32}$ .

Four different samples of the meadow clay soil type were used in the first investigations. 50 ml of a  $KH_2PO_4$  solution containing 8.78 mg  $P_2O_5$  per ml was added to 20 g of the above soils. The mixtures were incubated for 15, and 120 minutes, respectively. Treated soil samples were extracted according to the method of Tshirikov, and the phosphorus content and radioactivity of the extracts was determined (Tables 1 and 2). The different extracts were found to be characterised by different specific activities. In general, greatest specific activity was found in the extracts obtained by the use of the most forceful solvents. Part of the activity was not recovered even by the use of 0,5 N  $H_2SO_4$ .

In further experiments 1 liter of a  $KH_2PO_4$  solution, containing 0, 160 or 400 mg of  $P_2O_5$ , was added to 400 gram samples of the same meadow clay soil. The activity of  $P^{32}$  has been 200  $\mu$  C per treatment at both levels of  $P_2O_5$ . After repeated agitation of the suspensions the mixtures were left to stand for 24 hour, when the clear solution was removed and the soil was left to dry. In treatments 1. and 2. the soil attained the air-dry state in a week, but in treatment 3. because of the unfavourable shape of the vessels, longer time, about a month was needed. Phosphate content and  $P^{32}$  activity in the fractions of different solubilities of the air-dry soils were thereafter determined (Tables 3 and 4). The tables show, that the phosphorus content of the different fractions is not equally increased by treatment with a  $KH_2PO_4$  solution and that the differential behaviour of the different fractions is, moreover, also apparent when treatments with different amounts of phosphorus are compared (see also Table 5). The same phenomenon is reflected by the great differences in the specific activity of the phosphorus content of the above soil extracts (Table 6). Our earlier observations (7) favour the view, that this is to be interpreted as to mean different velocities of the exchange processes for the differently bound phosphorus fractions of the soil. The result shall, therefore, be

further complicated by the fact, that the specific activity of the phosphates in solution is changing with time. No equilibrium was reached in the two months of the above experiments in the distribution of  $P^{32}$ . Phenomena of the observed kind certainly complicate the evaluation of experiments in which  $P^{32}$  is applied to study the effects and utilization of phosphorus fertilizers, since they can not be neglected in the interpretation of the result.

*Equation 1.* The relation between the specific activities of the phosphorus content of the fertilizer and that of the plant.  $P_p^{31}$ : phosphorus content of the plant,  $P_p^{32}$ :  $P^{32}$  content of the plant, B: phosphorus content of the fertilizer,  $P_f^{32}$ :  $P^{32}$  content of the fertilizer, A: original phosphorus content of the soil.

*Equation 2.* Equation for the determination of the extent of utilization of phosphorus fertilizers marked with  $P^{32}$ . K: coefficient of utilization of the phosphorus content of the fertilizer.

*Table 1.* The specific activity of phosphorus in soil extracts.

*Table 2.* Activity of  $P^{32}$  in soil extracts in per cent of the total activity applied.

*Table 3.* Phosphorus content of the phosphate fractions of the soil characterized by different solubilities. (1) Treatment. (2) Treatment with nitrohydrochloric acid. (3) Soluble in acetic acid. (4) Soluble in sulphuric acid. (5) The residue of the sulphuric acid extraction.

*Table 4.*  $P^{32}$  activity in the phosphorus fractions of Table 3.

*Table 5.* Phosphorus content and  $P^{32}$  activity of the phosphorus fractions of Table 3, expressed as per cents of the total phosphorus content and total  $P^{32}$  activity, respectively of the soil.

*Table 6.* Specific activity of the phosphorus fractions of Table 3.