

P^{32} -vel jelzett szuperfoszfát műtrágya talajbahatolásának vizsgálata meszes homoktalajon

KOZÁK MÁTYÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A műtrágyák talajbahatolásának mértéke nagy jelentőségű kérdés a trágyázás gyakorlata szempontjából. A talajbahatolás mélységét elsősorban a lemosódás nagysága befolyásolja. Korábbi kísérleteink szerint [7] meszes homoktalajon a műtrágya-tápanyagok lemosódása alárendelt szerepet játszik, különösen a foszfornál. Kismértékű foszformozgást állapított meg többek között SCHMITT [14], valamint ALMARI és CECCONI [2] is. LANGGUTH és munkatársai [8] modellkísérletekben tanulmányozták talajoszlopok felszínére helyezett oldott és szilárd állapotú foszforműtrágyák talajbahatolásának mértékét. A foszfor lekötődése már néhány nap alatt végbement, ezért csak kismérvű lemosódást észleltek.

A szokványos kémiai módszereket, érzékenységben és gyakran pontosságban is a radioaktív izotópos módszer felülmúlja. Ennek nagy jelentősége van a lemosódó vagy megkötődő tápanyagok vizsgálatában, ahol igen kis anyagmennyiségek mozgását, átalakulását kell nagy biztonsággal nyomon követni. Ha megfelelő izotóp áll rendelkezésre, mint a foszfor ^{32}P izotópja, akkor az izotóp jelzés alkalmazása a kísérleti metodikát leegyszerűsíti, érzékenyebbé és megbízhatóbbá teszi.

A P^{32} izotóppal jelzett foszforműtrágyák kölcsönhatását a talajjal számos kutató tanulmányozta [9—11, 15]. HAASJES és SISSINGH [6] különböző foszfátvegyületek, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, valamint mono- és diammoniumfoszfátok talajbahatolását vizsgálták. Kísérletükben maximálisan 4 cm mélyre vándorolt le a foszfor, és a behatolás mélysége a foszfátok oldhatóságától függött. A szuperfoszfát 79%-a, a trikalciumfoszfát 97,8%-a a talajszelvény felső 0—1 cm-es rétegében maradt. Hasonló eredményre jutottak FISKELL és munkatársai [5] is. Neutronokkal besugárzott kalciumfoszfátokat használtak kísérletükben. Több hónappal a kiszórás után a szuperfoszfát foszfortartalmának 95%-a a talaj legfelső 2—3 cm-es rétegében volt.

Említett közleményünkben [7] ismertetett tápanyagmozgás vizsgálatainkat szükséges kiegészíteni P^{32} izotóppal jelzett szuperfoszfát műtrágya lemosódásának tanulmányozásával. Kísérletünkben akkor nem juthattunk pontos, kvantitatív összefüggéseket feltáró következtetésekre, az alkalmazott vizsgálati módszer miatt. A lemosódás mélységét megállapíthattuk, de a lekötődés, átalakulás mértékét, viszonyait csak közelítő pontossággal magyaráztuk. Erre az izotópok alkalmazása nagyobb lehetőséget nyújt.

Kísérleti rész

Kísérletünket az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet Őrszentmiklósi kísérleti telepén végeztük el. A kísérlet beállítása szabadföldi körülmények között, 1 m² nagyságú mikroparcellán történt. A talaj felszínére 20 mC

P^{32} /200 g aktivitású szuperfoszfát műtrágyát helyeztünk [16]. A műtrágyát a parcella felső 0—2 cm-es rétegből kivett homoktalaj egy részével egyenletesen összekeverve terítettük szét, a homoktalaj másik részével pedig vékony rétegben befedtük. Így a parcella egész 0—2 cm-es rétegét megjelöltük P^{32} -vel.

A várható foszformozgás a talaj felső 0—20 cm-es rétegében mehet végbe az irodalmi adatok és korábbi vizsgálataink szerint, ezért elegendő csak a felszíni réteg jellemzése. Humusztartalom (Tyurin szerint) 0,8%, karbonát-tartalma (Scheibler szerint) 0,2% $CaCO_3$, a 40—50 cm-es rétegben már 6,2%, pH (vízben) 7,7, pH (KCl-ben) 7,3. Könnyen oldható foszfortartalma (módosított Maesgin-féle kivonatból Arrhenius módszerével meghatározva) 3,4 mg P_2O_5 /100 g talaj, össz-foszfortartalma (királyvizes feltárásból) 74,2 mg P_2O_5 /100 g talaj. Agyagfrakció-tartalma 8,1%, higr. nedvesség, h_{y1} : 0,82% [3].

Az aktív szuperfoszfát műtrágyát március 3-án helyeztük ki, és közel négy hónap után, június 23-án vettük a talajmintákat. Az eltelt 114 nap alatt 186 mm csapadék esett, a március—június teljes hónapok alatt 198 mm, ami a 40 éves március—június átlaggal (199 mm) jól megegyezik.

Szabadföldi körülmények között lefolytatott kísérleteknél a vizsgálatok megbízhatóságát lerontó hibák legnagyobb része a mintavételből származik, ezért nagy gondot fordítottunk a talajminták vételére. A parcellán belül, 20 cm-re a parcellaszegélytől 60—80 cm mély szelvényt ástunk ki a négyzet alakú parcella két egymás melletti oldalán. A szelvénytől kiásott talajból vízszintes, oldalirányú befűrésokkal 2, majd 4 cm-enként vettük a mintákat. Szintenként összesen 4 párhuzamos mintát dolgoztunk fel, mindegyikből 2—2 meghatározást végeztünk külön kivonatból, kivonatonként ismét két-két mérést folytattunk le, így rétegenként összesen 16 adat állt rendelkezésre.

A talajminták kis aktivitása miatt a talajkivonatok elkészítései korrekciónak kellett a lehető legnagyobb P^{32} koncentráció elérésére. 2 n HCl-at használtunk kivonó oldószernek, tapasztalataink szerint meszes homoktalajnál a 2 n HCl talajkivonat foszforértékei megegyeznek a királyvizes feltárási „összfoszfor” értékével. Előnye a királyvizes módszerrel szemben, hogy sokkal egyszerűbben, gyorsabban végrehajtható, kevesebb zavaró iont old ki a talajból. Ezek az előnyök különösen aktív foszfortartalmú talajkivonatok elkészítésénél kerülnek előtérbe. A talaj—oldószer arány 1 : 4 volt (20 g 2 mm-es szitán átszitált légszáraz talajt 80 ml 2 n HCl-al rázattunk), ez arány alá nem célszerű menni, mert akkor a kioldás nem tökéletes, nem kapunk reprodukálható eredményeket. A talajkivonatok aktivitását Geiger—Müller csöves folyadékszámológó berendezéssel mértük meg.

Az 1. táblázat mutatja be a szuperfoszfát talajbahatolásának mélységét. Az I-el és II-vel jelölt adatok a parcella két oldalából származó minták vizsgálati eredményei. Eltérésük részben abból ered, hogy a talajfelszín apró egyenetlenségei miatt a rétegmélység kimérése bizonyos pontatlansággal történt, ami különösen a felszínhez közeli rétegeknél okozott nagyobb hibát. Másrészt a foszfát különböző mértékű megkötéséből is származhatnak az értékek eltérései. A táblázat adataiból kitűnik, hogy a 0—2 cm-es rétegből, ahová bekevertük az aktív műtrágyát, csupán néhány cm-es mozgást végeztek a foszfát ionok. A talajba juttatott foszfort 96—98%-ban a felső 0—4 cm-es rétegben találtuk, mindössze 2—4%-a hatolt le a 6—8 cm-es réteggig, 8 cm-nél mélyebben nem lehetett radioaktív foszfort kimutatni. A foszfor mintegy 30%-a 2 cm-es lehatolást mutat, a 0—2 cm-es rétegből a 2—4 cm-es rétegbe.

A jelentéktelen foszformozgás magyarázata abban keresendő, hogy a szuperfoszfát hatóanyagát képező, jól oldódó $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ átalakul nehezen oldható kalciumfoszfátokká, CaHPO_4 -á és $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -á, vagy vas- és alumíniumfoszfátok formájában csapódhat ki. Meszes talajokon inkább a di- és tri-kalciumfoszfát képződése mehet végbe. Az oldhatóságesökkenés mellett adszorpciós megkötődés is végbemegy a foszforműtrágya és a talaj kölesön-

1. táblázat

P^{32} foszfor izotóppal jelzett szuperfoszfát műtrágya talajbahatolása

(1) Réteg cm	(2) cpm/100 g talaj		(3) P^{32} %	
	I	II	I	II
0—2	906	997	60,8	74,0
2—4	544	297	36,5	22,2
6—8	40	52	2,7	3,8
10—12	—	—	—	—

hatásakor, de utóbbi folyamat a foszfor felvehetősége szempontjából általában nem káros, ellentétben a kémiai átalakulással (a CaHPO_4 képződést kivéve). Eddigi tapasztalatok szerint az oldhatóságesökkenés gyorsan lejátszódik, nagyobb sebességgel, mint a különben is kis mozgékonyosságú foszfát anionok talajban végbemenő mélybehatalása. A szuperfoszfát oldhatóságesökkenését a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat

P^{32} foszfor izotóppal jelzett szuperfoszfát műtrágya foszforfrakciói 4 hónap után

(1) Frakció	(2) cpm/100 g talaj P^{32}	(3) P^{32} %	(4) P_2O_5 mg/100 g talaj P^{31}	(5) P^{31} %	(6) Fajlagos aktivitás 100 [cpm/mg P_2O_5]
1%-os $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	72	8,0	9,4	6,8	770
0,5 n CH_3COOH	248	27,6	35,6	25,7	700
0,5 n HCl	848	94,2	135,0	97,4	630
2,0 n HCl	900	100	138,6	100	650

A 2. táblázatban a kísérleti parcella legfelső 0—2 cm-es rétegének foszforfrakciói eloszlását mutatjuk be. A foszforfrakció vizsgálatot CSIRIKOV [1] módszerével végeztük el néhány módosítással. A CO_2 -al telített vízzel (0,05—0,06 n H_2CO_3) készült talajkivonat helyett mi a meszes talajoknál szokásos 1%-os ammóniumkarbonátos kivonatot (MACSIGIN—GUSZEJNOV) használtuk. A 2 n HCl-ban oldható frakciót, amely kísérleti körülményeink között megfelel az összfoszfor értékeknek (királyvizes feltárás), 100%-nak vettük.

A szuperfoszfát műtrágya oldható foszfortartalma közel 4 hónap alatt jelentős részben nehezen oldhatóvá alakult. A radioaktív foszfortartalom kihelyezéskor teljes egészében az oldható frakcióban volt, a kísérlet végén 8%-ra csökkent az oldható foszfortartalom. A foszfor 92%-ban közepesen és nehezen oldható formává alakult. Ez megmagyarázza a foszforműtrágya kismértékű talajbahatolását.

MÁTÉ és munkatársai [9] felhívják a figyelmet, hogy a talajba juttatott P^{32} foszfor izotóp nem olyan arányban oszlik el a különböző foszforfrakciókban, mint a foszfátok általában. Kísérleteikben agyagos réti talajt használtak. Meszes homoktalajokon ez az eltérés nem jelentkezik, kísérleti körülményeink között az aktív foszfor (P^{32}) eloszlása megegyezett az inaktív foszfor (P^{31}) eloszlásával. Valószínűleg meszes homoktalajon leegyszerűsödnek a foszfor megkötési folyamatok, szemben a nagy agyagtartalmú réti talajokkal, ahol legnagyobbbrészt tisztázatlan bonyolult mikrodinamikai változásoknak vannak kitéve az aktív és inaktív foszfát ionok. Homoktalajokon (kb. 7—8% agyagfrakció vagy még kevesebb) hasonló folyamatok csak kismértékben mehetnek végbe, nem alakul ki az aktivitás egyenlőtlen eloszlása, így homoktalajokon a jelzett műtrágyákkal végzett trágyázási kísérleteket ilyen természetű hibák nem zavarják.

Az egyes frakciók fajlagos aktivitása a kísérleti hibahatáron belül megegyezést mutat, ez szintén az egyenletes P^{32} eloszlásra enged következtetni. A fajlagos aktivitás értékeit a kísérletnél mért beütésszámok nagyságrendjében adtuk meg.

Kísérletünk eredményei összhangban vannak a foszfor lemosódására vonatkozó szakirodalom megállapításaival. A talajfelszínre kiszórt foszforműtrágya legoldhatóbb formájában (szuperfoszfát), még a könnyű homoktalajokon sem hatol néhány cm-nél mélyebbre. Összefüggés található a foszfátok oldhatóságcsökkenése és a lemosódás, talajbahatolás mélysége között. Az oldhatóságcsökkenés olyan nagymérvű, hogy az általunk alkalmazott rendkívül nagy szuperfoszfát adagnál (20 q/ha) is közel 4 hónap alatt csak kb. 8%-a marad oldható állapotban. Ennek következtében tapasztalható csak néhány cm-es foszformozgás. A foszfor lemosódása elhanyagolható mértékben lejátszódó folyamat, sőt a foszforműtrágyákat mesterségesen kell megfelelő hasznosításuk érdekében különböző mélységekben a talajban elhelyezni. Ezt alászántással, vagy még célszerűbben réteges elhelyezéssel lehet biztosítani.

A foszfor—talaj kölcsönhatás tanulmányozása szempontjából egyre nagyobb szerepet kap a talajba került foszfor megkötődésének, kicsapódásának vizsgálata. A már említett tanulmányokon kívül legújabban egész sor szerző [4, 12, 13 stb.] számol be a műtrágya-foszfor oldhatóságcsökkenéséről, feltáródásáról, a talajban meglevő és keletkező különböző vegyületformáiról.

Összefoglalás

Kísérletünkben P^{32} foszfor izotóppal jelzett szuperfoszfát műtrágya lemosódását és megkötődését vizsgáltuk meszes homoktalajon, természetes körülmények között. 1 m²-es mikroparcellán 20 mC/200 g (20 q/ha) aktivitású szuperfoszfát adagot alkalmaztunk. A foszfor 96—98%-ban a talaj felső 0—4 cm-es rétegében marad, a 6—8 cm-es rétegig mindössze 2—4%-a vándorol le. A kismértékű foszformozgékonyosság a foszfor lekötődésének következtében áll elő. Az év általában legcsapadékosabb időszakában (március—június) is közel négy hónap alatt a könnyen oldható foszfor legnagyobb része nehezen felvehetővé alakult. A módosított Csirikov-féle foszforfrakció vizsgálat szerint a műtrágya-foszfor 8%-a maradt felvehető formában. Az egyes frakciók inaktív foszfor értékei megegyezést mutattak a P^{32} foszfor izotóp frakciók szerinti megoszlásával. A MÁTÉ és munkatársai által agyagos réti talajnál tapasztalt

egyenlőtlen aktivitás eloszlás meszes homoktalajon, a kísérlet körülményei között nem jelentkezik A foszforműtrágyákat jobb hasznosításuk érdekében, mivel az alig néhány cm-es talajbahatolás következtében feltehetően nem érik el a növények gyökérszónáját, szükséges megfelelő mélységben alászántani vagy rétegszerűen lehelyezni a talajban.

Érkezett: 1961. február 10.

Irodalom

- [1] Agrohímicszeszkije metodi iszledoványija pocsv. Izd. A.N. SSSR. Moszkva. 1954
- [2] ALIMARI, E. & CECCONI, C. A.: La penetrabilità del fosforo nel profilo del terreno. *Agrochimica*. **1**. 56—71. 1956.
- [3] BALLENEGGER, R.: Talajvizsgálati módszerekönv. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1953.
- [4] BUTKEVICS, V. V.: Pocsva ili rasztenija razlagajut foszforit. Pocsvovedenie. (8) 74—79. 1960.
- [5] FISKELL, J. G. A., DE LONG, W. A. & OLIVER, W. F.: The uptake by plants of labelled phosphate from neutron-irradiated calcium phosphates. III. Penetration into soil and uptake by pasture herbage. *Canad. J. Agric. Sci.* **33**. 559—565. 1953.
- [6] HAASJES, K. H. S. & SISSINGH, H. A.: An experiment for determining the depth of penetration of various phosphates with the aid of P^{32} . *Netherlands J. Agric. Sci.* **1**. 15—26. 1953.
- [7] KOZÁK, M.: Tápanyagmozgás tanulmányozása meszes homoktalajon. MTA Agrártud. Oszt. Közl. **19**. Közlés alatt.
- [8] LANGGUTH, R. P., BRANTIGAM, G. F. & LOVELESS, L. E.: A soil-column study to compare the chemical availability and movement of phosphates from liquid and dry fertilizers. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **21**. 416—419. 1957.
- [9] 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.
- [10] MÁTÉ, F. & MOLNÁR, F.: Foszfátmegkötődési kísérletek réti talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **5**. 165—170. 1956.
- [11] MOLNÁR, F., MÁTÉ, F. & KENDE, I.: A talaj $^{32}PO_4^{3-}$ felvételének kinetikájához. *Agrokémia és Talajtan*. **6**. 211—222. 1957.
- [12] MORENO, E. C., LINDSAY, W. L. & OSBORN, G.: Reactions of dicalcium phosphate dihydrate in soils. *Soil Sci.* **90**. 56—68. 1960.
- [13] OLSEN, S. R., WATANABE, F. S. & COLE, C. V.: Soil properties affecting the solubility of calcium phosphates. *Soil Sci.* **90**. 44—50. 1960.
- [14] SCHMITT, L.: Zeitgemässe Düngungsfragen unter besonderer Berücksichtigung der Phosphorsäuredüngung. *Phosphorsäure*. **6**. 124—142. 1937.
- [15] SZABOLCS, I.: Izotópok felhasználása a szövet talajtani és növényélettani kutatásokban. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest. 1959.
- [16] VARGA, GY., MÁTÉ, F. & GRUBER, L.: Radioaktív izotópokkal jelzett műtrágyák előállítása. I. Szuperfoszfát, kettős szuperfoszfát. *Agrokémia és Talajtan*. **9**. 527—534. 1960.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ФОСФОРА МЕЧЕННОГО P^{32} В КАРБОНАТНЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

М. КОЗАК

Научно-исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии АН Венгрии, Будапешт

Резюме

По нашим предыдущим опытам, и данным многих исследователей, передвижение фосфора в почве было очень незначительным, даже на песчаных почвах рыхлого сложения. Применение радиоизотопов, было необходимым для того, чтобы получить подробный и достоверный ответ на вопрос о передвижении и связывании фосфора в почвах.

В наших опытах было изучено в природных условиях передвижение и связывание суперфосфата, содержащего радиоактивный фосфор P^{32} . Почва под опытом была слабо-

карбонатная (0,2% CaCO₃) песчаная, содержащая гумуса 0,8%. На каждую делянку размером 1 м² было внесено суперфосфата активностью 20 мС/200 г (20ц/га). Через 114 дней от начала опыта в слое 0—4 см осталось фосфора 96—98%, а на глубине 6—8 см 2—4% его. Малая подвижность фосфора объясняется его связыванием. За период в четыре месяца (март-июнь) в самое влажное время года, большая часть легкорастворимых соединений перешла в труднорастворимые. По модифицированному методу Чирикова в усвояемом виде оставалось только 8% фосфора суперфосфата. Содержание неактивного фосфора отдельных фракций совпадало с распределением по фракциям меченого фосфора P³². Неравномерное распределение активности в луговых глинистых почвах, на что указывал Матэ и его сотрудники, в наших условиях в карбонатных песчаных почвах не оправдалось.

Для более эффективного использования фосфорных минеральных удобрений, т. к. они из-за их малого передвижения не достигают зоны корней, необходимо запахивать их на достаточную глубину или вносить послонно.

Табл. 1. Передвижение суперфосфата меченого P³². (1) Слой в см. (2) имп/мин/100 г, почвы. (3) P³² в %. Данные, обозначенные I и II, обозначают результаты анализов почв, взятых с двух сторон опытной делянки.

Табл. 2. Фракции фосфора суперфосфата, меченого радиоизотопом P³², через четыре месяца. (1) Фракция. (2) имп/мин/100 г почвы. (3) P³² в %. (4) P₂O₅ в имп/мин/100 г, почвы. (5) P³¹ в %. (6) Удельная активность 100(имп/мин/мг P₂O₅).

Studies on the Mobility of P³²-Superphosphate Applied to Calcareous Sandy Soils

M. KOZÁK

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

Summary

Our former observations have shown, in agreement with the reports of a number of research workers, that phosphorus is washed down into the soil only to a limited extent even in loose sandy soils. These observations were supplemented by the use of the tracer technique in the experiments described in the present paper, which yielded a more detailed and more reliable picture of the fate of superphosphate-P in calcareous sandy soils.

The experiments reported were run under natural field conditions. The soil to which the P³²-labelled superphosphate was applied had a low lime content (0.2% CaCO₃), 0.8% humus content, and a low level of mineral nutrients. The size of the experimental plots was 1 m², and the plots received 20 мС P³² per 200 g superphosphate (20 quintals per hectare). At the end of the 11-day experimental period 96 to 98 per cent of the superficially applied phosphorus was found in the uppermost 4 cm soil layer, while only 2 to 4 per cent has moved into the 6—8 cm layer. The low mobility of phosphorus is explained by its binding to the soil. The easily available fraction of the applied phosphorus was found to be transformed for the most part into hardly available phosphorus in about four months even in the most rainy season of the year (March to June). As shown by the analysis of the phosphorus fractions with a modified form of the Chirikov-procedure, only 8 per cent of the phosphorus content of the fertilizer was still available after the above four-month experimental period. The specific activity of P³² was the same in every fraction in contrast to the observation of Máté et al. from the same laboratory, who have found unequal distribution of P³² after application as superphosphate to meadow clay.

It is concluded that phosphorus fertilizers have to be ploughed in or deposited as a layer in deeper soil levels for better utilization by the crop, because their mobility in the soil is limited to a few centimeters, and so the superficially applied phosphorus can not reach the root zone.

Table 1. The movement of superficially applied P³² labelled superphosphate in the soil. (1) Depth of the soil layer, cm. (2) P³² activity, c. p. m. per 100 g soil. (3) Per cent P³²-content. (I and II parallel samples from the same plot.)

Table 2. Distribution of the P³²-label of applied superphosphate after the 4-month experimental period in the soil phosphorus fractions. (1) Fraction. (2) P³² activity, c. p. m. per 100 g soil. (3) Per cent P³²-content. (4) P₂O₅ content, mg per 100 g soil. (5) Per cent P³¹-content. (6) Specific activity, 100 c. p. m. per mg P₂O₅.