

A radioaktív jelzés alkalmazása a foszfortápanyag felvehetőségének vizsgálatában

II. A talaj felvehető foszforkészlete izotopos vizsgálatának hibái

MÁTÉ FERENC és LATKOVICS GYÖRGYNE

M.T.A. Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest

Tanulmányunk első részében [3] vizsgálat tárgyává tettük a talajba juttatott oldható jelzett foszfátoknak a talajban történő megkötődését és eloszlását a talaj foszfátfrakcióiban. Adataink azt mutatták, hogy bizonyos körülmények között a talajban megkötődő aktivitás eloszlása egyenlőtlen és a különböző oldhatóságú foszfátfrakciók fajlagos aktivitásában számottevő eltérések figyelhetők meg. E tapasztalatok alapján feltételezhető, hogy a talajok felvehető foszforkészletének meghatározására irányuló izotopos vizsgálatokban az említett jelenség bizonyos hibák forrása lehet. Ezért vizsgálatokat végeztünk fiatal rozsnövényekkel kisméretű tenyészedenyekben annak tisztázására, hogy szélsőséges kísérleti körülmények között milyen hibát eredményeznek az említett jelenségek a talajok felvehető foszforkészletének meghatározásában.

Kísérleti rész

Egy Gyoma környékéről származó agyagos karbonátmentes réti talajt kezeltünk jelzett KH_2PO_4 oldattal, úgy, hogy 100 g-onként 36.1 mg, ill. 97.4 mg P_2O_5 -t kötött meg. A talajminta egy részét gyakorlatilag hordozómentes $\text{P}^{32}\text{O}_4^{3-}$ ionokat tartalmazó oldattal kezeltük. Így háromféle kezelésű talajmintát nyertünk: 1. hordozómentesen adszorbeáltatva, 2. 36.1 mg, ill. 3. 97.4 mg P_2O_5 -öt tartalmazó hordozóval adszorbeáltatva a P-32 izotópot. E talajmintákban egyformán 200 μC aktivitású radioaktív foszforizotop kötődött meg. A talajmintákat részletes kémiai elemzésnek vetettük alá, melynek eredményét a fentebb idézett cikkünkben korábban közöltük. A háromféle kezelésű talajminták felhasználásával Neubauer-féle vizsgálatnál szokásos eljárással (100 g talaj, 300 g közömbös homok, 100 szem rozs, 17 nap időtartam) tenyészedeny kísérletet állítottunk be három sorozatban. Megfigyeltük a rozsnövény fejlődését a különböző kezelésű talajokon, megmértük edényenként a növények nyersúlyát, szárazsúlyát, meghatároztuk a növények foszfortartalmát és aktivitását. A nyert adatokat az 1. táblázatban mutatjuk be.

Mint az 1. táblázat adataiból látható, a növények nyersúlyja a legnagyobb a 3. és legkisebb az 1. kezelés esetén. A kísérleteknél használt talajminták foszfortartalmával azonos értelemben változik a növények száraz súlya is.

A foszfortartalomra vonatkozó adatok azt mutatják, hogy a legkevesebb foszfort a növények a legkisebb foszfortartalmú talajmintából vették fel, míg a 2. és 3. mintákon termelt növények foszfortartalmában csak kis különbség adódik a

2. kezelés javára. A 3. kezelésű talajmintán termett növények aktivitása is kisebb, mint a 2. kezelésű mintákon termett növényeké, ami arra enged következtetni, hogy a bevitt nagy mennyiségű oldható foszfor átalakult a növények számára nehezen hozzáférhető foszfátvegyületekké. Az összhangban van a már korábban közölt foszfátfrakció elemzés adataival is, amelyek szerint a 3. kezelésnél az összes foszfortartalomnak csak 10,5⁰/₀-a, az összes bevitt aktivitásnak pedig csak 8,3⁰/₀-a oldható ki 0,5 n ecetsavval és az összes foszfortartalom 41,0⁰/₀-a

az összes aktivitás 25,4⁰/₀-a a még 0,5 n H₂SO₄-ban sem oldódott.

Megállapítható, hogy a kísérletben a növények súlyára és foszfortartalmára vonatkozó adatok összhangban vannak az alkalmazott kezelésekkal, ill. a felhasznált talajminták foszforviszonyaira vonatkozó korábban közölt adatokkal.

1. táblázat

A rozs növények nyerssúlya, száraz súlya, foszfortartalma és aktivitása

(1) Kezelés	(2) A növények		P ₂ O ₅ mg/edény	P ³² imp/perc/edény
	nyers súlya	száraz súlya		
	g/edény			
1.	3,617	0,532	3,087	7 671
2.	3,897	0,566	3,641	10 250
3.	4,580	0,644	3,613	8 032

Az eredmények értékelése

A kísérletben nyert adatok alkalmasak arra, hogy segítségükkel számításokat végezhessünk a kísérletben alkalmazott talajminták felvehető foszforkészletének megítélésére. Maga a Neubauer-kísérlet módszere is viszonylagos számértékeket szolgáltat a talaj felvehető foszfortartalmára nézve, a kísérletünkben nyert ilyen adatokat azonban bizonyos fenntartással kell kezelnünk, hiszen a 2. és 3. kezelésű talajokba tekintélyes mennyiségű foszfátot juttattunk be, ami jelentős eltérést jelent a Neubauer-értékek meghatározási körülményeihez képest. Ismeretesek azonban különböző izotopos eljárások a talajok felvehető foszforkészletének megítélésére, amelyek a radioaktív foszforizotópokkal kezelt talajokon termesztett növények foszfortartalmának és radioaktivitásának adatain alapulnak. Egyik ilyen eljárás és számítási mód SZOKOLOV [4, 5] ajánlata terjedt el és nyer széles körű alkalmazást. E módszer lényege az, hogy a vizsgálandó talajba sugárzó foszforizotópot tartalmazó foszfátionokat juttatnak gyakorlatilag hordozó nélkül (kevesebb, mint 1 mg P₂O₅/kg talaj), és biztosítják annak egyenletes eloszlását. A kezelt talajt tenyészedényekbe viszik és növényt természetnek rajta. A termesztett növényben meg kell határozni az összes felvett foszformennyiséget és aktivitást. A talaj felvehető foszforkészlete az

$$X = \frac{P \cdot 100}{K} \dots \dots (1)$$

formula alapján számítható, amelyben X jelenti a talaj felvehető foszforkészletét, P a növényben meghatározott foszfortartalmat képviseli, a K érték pedig a növény által felvett aktivitásmennyiséget jelenti a talajba vitt összes aktivitás százalékában kifejezve. Ez az egyenlet egyrészt azon a feltételeken alapszik, miszerint a növény nem tesz különbséget a talajból történő tápanyagfelvétel során a

sugárzó és stabil foszforizotopokat tartalmazó foszfátok között, másrészt azon, hogy a talajba vitt aktív $P^{32}O_4$ egyenletesen eloszlik a talaj felvehető foszforkészletében és ennek megfelelően a növény a talaj felvehető foszforkészletének ugyanolyan hányadát veszi fel, mint amilyen hányadát az összes bevitt aktivitásnak felveszi. Ez a képlet olyan esetben használható, ha hordozó nélkül visszük a talajba az aktív $P^{32}O_4$ -et, mivel a bevitt foszformennyiség megváltoztatná a talajban a felvehető foszforkészletet.

Másik, széles körben ismert formulát FRIED és DEAN [1] ajánlották a talaj felvehető foszforkészletének számítására

$$A = \frac{B \cdot (1-y)}{y}, \quad \dots\dots(2)$$

amelyben A jelenti a talaj felvehető foszforkészletét, B a talajba vitt összes foszformennyiséget, y pedig a talajbavitt foszfor és a növényben levő foszfortartalom egységnyi mennyiségére vonatkoztatott viszonyát jelenti. Ez a formula tehát arra az esetre vonatkozik, amikor az aktív foszfor izotopot a talajba nem hordozó nélkül, hanem a talaj foszfortartalmához képest nem elhanyagolható mennyiségű stabil foszforizotopot tartalmazó foszfáttal visszük be. E formula érvényességének egyik feltétele itt is az, hogy a növény ne tegyen különbséget a stabil és a sugárzó foszforizotopokat tartalmazó foszfátok között, másik feltétel, hogy a talajbavitt stabil és sugárzó foszfor teljes egészében felvehető formában maradjon. E feltételek teljesülése esetén meghatározható a talaj felvehető foszforkészlete, amely foszforkészlet azonban a B mennyiségű felvehető foszfortrágya jelenlétében a növény által kihasználható mennyiséget jelenti. E formula nem használható olyan esetben, amikor az aktív foszfátot hordozó nélkül visszük a talajba, mert a formulának ilyen határesetben nincs matematikai értelme. Meg kell még jegyezni azt, hogy ha a feltétel az, hogy a B foszformennyiség a talajban teljes egészében a növény által felvehető formában maradjon, akkor természetes, hogy ezt a foszformennyiséget a növény által felvehető formában kell a talajba juttatni. Ebből a szempontból tehát közömbös lenne az, hogy milyen foszfátvegyület formájában kerül a foszfor a talajba, csak az felvehető legyen a növény számára, és ebben az esetben a képlet alapján számításokat végezhetünk arra nézve, hogy a növény a foszfortápanyag felvétele során milyen mértékben hasznosítja a talaj eredeti foszforkészletét és hányad részét teszi ki az összes felvett tápanyagnak a talajbavitt jelzett foszfátrágyából felvett mennyiség stb. Ha a B foszformennyiséget a növény számára nem teljes egészében hozzáférhető foszfátvegyület formájában vittük be, már nem kaphatunk a képletnek megfelelő reális eredményeket. A B érték helyére viszont egy kérdéses foszforműtrágya felvehető foszfortartalmát csak akkor írhatjuk a képletbe, ha az összes bevitt aktivitás az adott műtrágyának ebben a B mennyiségű felvehető foszfortartalmában helyezkedik el egyenletes eloszlásban.

Vizsgálataink azt mutatják, hogy az ismertetett formulák kiindulásául szolgáló feltételek nem teljesülhetnek általában, mivel egyik formula sem számol a talajbavitt foszfátoknak a talajjal való bonyolult kölcsönhatásával, amelynek során mind a jelzett, mind a nem jelzett foszfátok különböző típusú reakciók során, különböző kötésekre kerülhetnek a talaj sajátságaitól és a kísérleti körülményektől függően különböző arányban. Ezt beszédesen bizonyítják korábbi cikkünkben [3] közölt adatok. Az I. kezeléssű talaj, amelynél a kísérleti körülmények kielégítik a Szokolov-féle formulának megfelelő előírásokat, azt

láthatjuk, hogy az aktivitás hosszú idő alatt sem oszlott el egyenletesen a talaj különböző oldhatóságú vegyületei között, hanem egyik frakcióba nagyobb mennyiségben került, mint a másikba.

A 2. és 3. kezeléssel minták, mivel az aktivitást jelentős mennyiségű hordozóval vittük a talajba, alkalmasak a Fried- és Dean-féle számítás elvégzésére.

A 2. és 3. minták esetén akkor nyerhetnénk reális értéket a Fried és Dean képlete alapján, ha a bevitt összes foszfor és a bevitt összes aktivitás a növények számára felvehető állapotban maradna. A mi kísérleti körülményeink között a vizsgált talajban a bevitt összes foszfortartalom nagy része átalakult nehezen oldódó vegyületekké. Az eredeti talaj 0,5 n H₂SO₄-ban nem oldható foszfortartalma, pl. kezelése során többszöröseire növekedett a bevitt aktivitásnak is nagyobb része került nehezen oldható vegyületbe. A bevitt közönséges és sugárzó foszfátok ilyen eloszlása kizárja annak a lehetőségét, hogy az említett számítási módszerekkel megbízható eredményeket nyerhessünk.

Az általunk végzett kísérletben az 1. kezelés megfelel azoknak a követelményeknek, amelyet a Szokolov-féle számítási mód követel, míg a 2. és 3. kezelésben a talaj egész foszforkészletéhez hasonló nagyságrendű vízben oldható foszforvegyületet vittünk be sugárzó foszforizotoppal jelezve, e kezeléseket tehát elemezhetők a Fried és Dean képlete szerint. A 2. táblázatban feltüntetettük a különböző kezeléssel talajminták felvehető foszfortartalmát a Neubauer-értékek alapján, valamint a fentebb tárgyalt képletek alapján számítva.

2. táblázat

A talajok felvehető foszforkészlete a Neubauer módszerrel, valamint Szokolov és a Fried és Dean módszere szerint számítva

Kezelés	Neubauer-érték	Szokolov szerint	Fried és Dean szerint
		földfeletti részek alapján P ₂ O ₅ mg/100 g talaj	
1.	3,08	29,0	—
2.	3,64	—	7,6
3.	3,61	—	172,2

képlettel számított érték a talaj összes foszfortartalmának felét képviseli, vagy ha szemügyre vesszük a Fried és Dean képlete alapján kapott értékeket, különösen a 3. kezeléssel talajra vonatkozóan, aholis a talaj eredeti és a bevitt foszfortartalom összegének megfelelő számot kapunk a felvehető foszfor mennyiségére, holott a kezeléssel bevitt foszfor és aktivitás igen nagy része került nehezen oldható formába és a növények összes foszfortartalma és aktivitása is egyenlő vagy valamivel kisebb, mint a 2. kezelés megfelelő adatai.

Megjegyzendő, hogy a felvehető foszforkészlet meghatározására irányuló izotopos módszereknél nem csak az általunk közölt adatok mutatnak rá a nagy hibalehetőségekre. Mi igyekeztünk olyan kísérleti körülményeket teremteni, hogy a felvehető foszfor izotopos meghatározásánál a talaj és a jelzett foszfátok kölcsönhatásaiból eredő hiba lehetőleg nagy legyen. Az irodalomban találkozhatunk olyan kísérletek leírásával, amelyeknek célja nem a hibaforrások feltá-

A Neubauer-értékek összhangban állanak a kezeléseket és a kémiai analízis és aktivitásmérés adatai alapján várható képpel, azonban felmerülhet aggodalom az adatok értékelhetőségét illetően, mivel a 2. és 3. kezeléseknél kb. 1,5, ill. több, mint kétszeresére növeltük a talaj összes foszfortartalmát és ezért lehetséges, hogy a Neubauer kísérleteiben használt 100 rosnövény nem használja ki a felvehető foszforkészletet úgy, mint azt foszforral normálisan ellátott talajon teszi. Szokolov és a Fried és Dean izotopos módszerekkel kapott eredmények — mint az várható is — nem reálisak. Elegendő, ha megjegyezzük, hogy a Szokolov-féle

rása volt, eredményei azonban hasonló következtetésekre adnak lehetőséget. Jó példa erre MALEINA [2] közleménye, aki jellegzetes talajtípusok felvehető foszforkészletét vizsgálta Szokolov módszerével. A felvehető foszforkészletre vonatkozó adatai gyökeres ellentétben állottak a különböző talajokon nyert termésadatokkal és a növények által felvett összes foszfor mennyiségével. E súlyos ellentmondás feloldására bevezette a felvehető foszforkészlet hasznosulási fokának a fogalmát, amire nézve azonban még kvalitatív értelmezést sem adott.

Az elmondottak arra utalnak, hogy a talaj és a jelzett foszfátok közötti kölcsönhatások bizonyos körülmények között veszélyeztetik a talaj felvehető foszforkészlete izotopos módszerrel történő meghatározhatóságát.

Összefoglalás

Kis méretű tenyészvényekben fiatal roznövényekkel kísérletet végeztünk különböző kezelésszerű talajok felvehető foszforkészletének izotopos meghatározására. A kezeléseket egy része a Szokolov, egy része pedig a Fried és Dean által ajánlott számítási mód alkalmazását tette lehetővé. Az adatok azt mutatják, hogy a talaj és a jelzett foszfátok kölcsönhatása miatt nem teljesülnek maradéktalanul azok a feltételek, amelyek az említett eljárások alkalmazhatóságának kritériumai és így a felvehető foszforkészletre nyert adatok hibásak.

Érkezett: 1963. június 5.

Irodalom

- [1] FRIED, M. & DEAN, L. A.: A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci. **73**. 263. 1952.
- [2] MALEINA, A. A.: O metodike opregyelenyija zapaszov uszvoajemih foszfatov v pocsve. Pocsvovedenie (4) **113**. 1958.
- [3] MÁTÉ, F., LATKOVICS, GY. & KENDE, I.: A radioaktív jelzés alkalmazása a foszfortápanyag felvehetőségének vizsgálatában. I. A talaj és a jelzett foszfátok közötti kölcsönhatás. Agrokémia és Talajtan. **9**. 79—86. 1960.
- [4] SZOKOLOV, A. V.: Iszpolzovanyije mecsennovo foszfora v vegetacionnih opitalh dlja opregyelenyija uszvojaemih foszfatov v pocsve. Primenyenyije izotop pri agrohímicseszkih i pocsvennih isszledovanyijah. Izd. AN SzSzSzR. Moszkva. 1955.
- [5] SZOKOLOV, A. V.: Opregyelenyije uszvojaemosztyi foszfatov pocsvi i udobrenyii pri pomoscsi radioaktivnovo izotopa foszfora. Dokl. szovjetszkoj delegacii na konferencii Zseneva 1955. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1955.

Применение радиоактивных изотопов при изучении доступности фосфора

II. Ошибки получаемые при изучении изотопным методом доступных запасов фосфора в почве

Ф. МАТЭ И И. ЛАТКОВИЧ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии А. Н. Венгрии, Будапешт

Резюме

В лаборатории изотопным методом проводили вегетационные опыты для изучения доступных для растений запасов фосфора в различных почвах. В одном из вариантов радиоактивный изотоп фосфора адсорбировался почвой практически без носителя, в других вариантах присутствовали фосфаты-носители в различных количествах. Таким образом для одной части вариантов можно было применить метод вычисления доступных запасов фосфора по Соколову, для другой части применялся метод Fried and Dean. Полученные данные показали, что в некоторых определенных условиях опыта оба метода дают не реальные данные и не могут применяться для характеристики доступных запасов фосфора в почве. Это объясняется интенсивным взаимодействием между почвой и мечеными фос-

фатами, вносимыми в почву, в результате чего радиоактивный изотоп распределяется неравномерно между фракциями фосфатов различной растворимости и таким образом не создаются условия для реальности вышеуказанных методов. Значит взаимодействие почвы с мечеными фосфатами служит источником ошибок при определении доступных запасов фосфора в почве.

Табл. 1. Сырой и сухой вес, содержание фосфора и активность растений ржи. (1) Варианты. 1. Радиоактивный фосфор адсорбировался почвой без носителя. 2. Радиоактивный фосфор адсорбировался почвой в присутствии носителя в количестве 36,1 мг. $P_2O_5/100$ гр. почвы. 3. Радиоактивный фосфор адсорбировался почвой в присутствии носителя в количестве 97,4 $P_2O_5/100$ гр. почвы. (2) Сухой и сырой вес растений в гр/сосуд. (3) P_2O_5 мг/сосуд. (4) $P-32$ имп/мин./сосуд.

Табл. 2. Запасы обменного фосфора в почве определенные методом Найбауэра и вычисленные по методу Соколова и Fried and Dean.

1 уровень (Соколова). X — запас доступного фосфора в почве, P — количество общего фосфора поглощенного растениями, K — количество $P-32$ поглощенного растениями в % от количества $P-32$ внесенного в почву.

2 уровень Fried and Dean. A — запас доступного фосфора в почве. B — количество общего фосфора вносимого в почву. Y — соотношение между удельными активностями фосфора, вносимого в почву и поглощенного растениями.

Application of Radioactive Labelling in Investigating Availability of Phosphorus Nutrients

II. Errors in Isotopic Investigation of Available Phosphorus Reserves of the Soil

F. MÁTÉ and I. LATKOVICS

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

Summary

A pot experiment was conducted under laboratory conditions to determine with isotopes the available phosphorus reserves in various soil samples. In one of the treatments the radioactive phosphorus isotope was made to absorb practically without a carrier on the soil while in other treatments various amounts of phosphate carriers were made use of. Thus part of the treatments made it possible to apply the calculation method suggested by Sokolov, whereas another part that recommended by Fried and Dean. From the data obtained it appears that under extreme conditions data obtained by both methods are unrealistic and unacceptable for characterization of the available phosphorus contents of the soil. This is due to the intensive interaction taking place between the soil and the labelled phosphates incorporated in the soil as a result of which distribution of the radioactive isotope will not be uniform in phosphate fractions of different solubility in the soil and the conditions will not be realized under which the calculation methods referred to are valid. Thus the interaction between soil and labelled phosphates may become a source of errors in the determination of the available phosphorus reserves of the soil.

Table 1. Fresh weight and dry weight of rye plants, their phosphorus contents and activity. (1) Treatments: 1. Made to absorb free of carriers. 2. Made to absorb P^{32} on 100 g of soil by 36.1 mg phosphorus pentoxide carrier and 3. by 97.4 mg phosphorus pentoxide. (2) Fresh and dry weight of plants, g per pot. (3) Phosphorus pentoxide mg per pot. (4) P^{32} imp(min)pot.

Table 2. Available phosphorus contents of the soil as calculated by the methods of Neubauer, of Sokolov and of Fried and Dean.

1. equation. Sokolov's equation. X = available phosphorus contents of the soil, P = total phosphorus absorbed by the plant, K = P^{32} absorbed by the soil, as expressed in per cent of total P^{32} incorporated in the soil.

2. equation. Fried and Dean's equation. A = available phosphorus contents of the soil, B = total phosphorus incorporated in the soil, y = relation between specific activity of phosphorus incorporated in the soil and absorbed by the plant.