

## Szerveskötésű foszforfrakciók hazai talajainkban

FÁBRY GYÖRGYNÉ

*Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet Talajtani Osztálya, Budapest*

A talaj szerves foszforának vizsgálata több mint 100 éves múltra tekintet vissza, de csak az utóbbi időben fordult felé a figyelem erőteljesen, aminek okai a következők:

A talajba adott foszforsav viselkedése és útja tisztázatlan.

A biológiai folyamatok jelentőségének növekedésével felismerték, hogy a talajban lejátszódó és termékenységet biztosító folyamatok közül legnagyobb jelentőségű a foszfor biológiai átalakulása [20, 24].

Némely talaj csekély könnyen oldható foszfortartalma és ezeken a talajokon a foszfát műtrágyázás hatástalansága között ellentmondás van. Pl. az iowai talajokban, melyekben a kémiai vizsgálatok kevés oldható anorganikus foszfort mutattak, és kevesebb foszforműtrágya használata mellett is nagy gabonatermést szoktak adni, mert a növények lényeges foszforszükségletét a szervesfoszfor vegyületek kielégítik [3].

Kaila szerint is azokban a talajokban, amelyek termékenyek, a foszfortrágyának nincs hatása; a savakban oldható szerves foszfortartalom növekedése a szerves foszfor gyors mobilizációjára utal [16].

Számos vizsgálat mutatja, hogy ez a foszforfrakció az összes foszfornak jelentékeny részét teszi ki [1, 2, 3, 10, 15, 16, 17.].

A szervesfoszforra a talajban először Mulder utalt, utána közvetett, vagy közvetlen úton többen foglalkoztak a szervesfoszforral.

A szervesfoszfor-vegyületek némely talajban a fejlődés folyamán gyarapodnak, s e talajoknál azok a tényezők, melyek a szervesanyag felhalmozódását elősegítik, a szervesfoszfor gyarapodását is előmozdítják.

A fejlődő növény foszforforrásai a talaj és a trágya. A növények által felvett foszforsav legnagyobb része beleépül a növények szervesanyagába. Viszont a talajba visszakerülő növényi maradványokat a mikroorganizmusok megtámadják. Egy részüket szerves foszforra alakítják, más részüket energiaforrásul használják, harmadik részük pedig ellenáll a bomlásnak. Tehát a talajban levő szervesfoszfor részben növénymaradványok, részben mikrobiológiai szintézis közbeeső termékei. Ezért a szervesfoszfor mennyisége a talajban csak pillanatképp. Periódusos vizsgálat szükséges ahhoz, hogy megismerjük a szervesfoszfor-vegyületek mennyiségi arányait, stabilizálódásuk körülményeit és ásványosodásuk tényezőit.

G ä r t n e r szerint [11], a talajban levő szervesfoszfor a magasabb és alacsonyabb rendű növényekből származik, így a talaj szervesfoszfor tartalmát tulajdonképpen a növényekben és bomlástermékeikben levő foszfor-

vegyületek alkotják. A növényekben, következésképp a talajban is a szerves-foszfornek három fő vegyülete található: a nuklein-savak, fitinek és foszfátidok.

A nuklein-savak proteinekkal nukleoproteideket alkotnak. Pontos kémiai összetételüket nem ismerjük: egy Purin vagy pirimidin bázisból, egy szénhidráttól és foszforsavból vannak felépítve. A talaj szerves foszforvegyületeinek savanyú hidrolízise útján megkaphatók.

A fitinben hat molekula foszforsav vegyül inositollal inositol-hexafoszforsavvá. Yoshida [29] a talaj szervesfoszfor kivonatának savanyú hidrolízisével inositol és foszforsavat kapott. Mások vasesapadékot nyertek, melyben inositolhexafoszfát volt. A ferrifitát szüredékből viszont lúgos viszonyok között a többi szervesfoszfor kicsapható, melynek összetétele leginkább inositoltrifoszfátnak felel meg [4, 7].

A foszfátidok pl. a lecitin a vizsgálatok szerint a talajban csak kis mértékben található meg [26, 27].

Az egyes kutatók véleménye a szervesfoszfor hasznosítása tekintetében nagyon eltérő. Schollenberger úgy találta, hogy a növények a szervesfoszfort úgy hasznosítják, mint a szervesetlent [25]. Jahn szerint az Európában kívánt hozamok eléréséhez nagy mennyiségű ásványi foszforsav szükséges, és az ásványi foszforsavval jól ellátott talajokban a szerveskötésű foszforsav jelentősége alárendelt [15]. Flaig és Kaul vizsgálatai szerint a 10—14 napos gabonacsíra növények egy időegység alatt szervesetlen foszforból a nuklein foszforsav többszörösét vették fel [9]. Gericke és Gschwind vizsgálatai alapján (edény és szántóföldi kísérletek) a szervesfoszfor a növény növekedésére kisebb hatású, mint a szervesetlen. Így a szervesfoszfort mint trágyaszert nem valószínű, hogy előállítják [12]. Black és Goring szerint is a növények a szervesetlen foszfort veszik fel, és számukra a szervesfoszfornak kicsi vagy semmi a jelentősége [1].

A talaj szervesfoszforának gyakorlati jelentőséget az a tény ad, hogy az összes foszfornek nagy hányada szerves formában van jelen és a szervesfoszfor ásványosodik.

Az ásványosodás tényezőjének megismerését az enzimológia fejlődése nagymértékben elősegítette [21]. A legtöbb és legváltozatosabb enzimeket maguk a mikroorganizmusok termelik. A foszfor-reakciókban az enzimek közül az eszterázok vesznek részt. Ezek foszfátázok: foszformonoeszteráz, metafoszfátáz, fitáz és nukleáz. A foszfátázok szerves- vagy szervesetlen foszforvegyületekből ortofoszforsavat hasítanak le. A talaj-mikroorganizmusok a specifikus szubsztrátum jelenlétében a megfelelő enzimet fokozott mértékben termelik. Az enzim-termelés fokozódása bekövetkezhet olyan tápanyaghiánynál is, melyet az illető enzim pótolni képes. Pl. a foszfátion hiánya esetén a mikroorganizmusok fokozottan foszfátázt termelnek, melyek a szervesfoszfor vegyületeiből foszforsavat hasítanak le, pótolva a foszfát hiányát [5].

A fitáz jelentőségét a talajban levő fitát rossz oldékonysága nagyon korlátozza. Ez vonatkozik a fitátbontásra is. A nagy mennyiség arra utal, hogy a mikroorganizmusok sem tudják gyorsan lebontani [13].

A mikroorganizmusokon kívül a talajok enzimtartalmának kialakításában részt vesznek még a magasabbrendű növények és állatok. A növényi szervek közül rendkívül fontos a gyökerek szerepe, mert a gyökérmaradványok és a gyökérváladákok tápanyagot, illetve serkentő anyagot szolgáltatnak a mikroorganizmusok szaporodásához, ezzel az enzimtartalmat is növelik.

A szervesfoszfor vegyületek hidrolízisét a talajban részben foszfatázok, részben a mikroorganizmusok közvetlen élettevékenységével kapcsolatos enzimek végzik. Harmadik tényezőként a szervesfoszfor-vegyületek talajkolloidok általi adszorpciója is közrejátszik. A három tényező a különböző talajokban eltérő jelentőségű [23].

### Vizsgálati adatok ismertetése

Bel- és külföldi kutatók szervesfoszfor, valamint enzimológiai vizsgálatai [1, 3, 4, 5, 22] a laboratóriumi tápanyag vizsgálatok és szabadföldi tapasztalatok közötti ellentmondásokra rávilágítanak. Nálunk is az a tapasztalat, hogy a laboratóriumi vizsgálatok és a műtrágyahatás között olykor eltérés van. Célrányos volna hazai viszonyaink között is ezeknek az eltéréseknek az okát legalább jellegzetes talajtípusainknál megállapítani.

Ennek az érdekében az ideai munkám célkitűzése volt:

1. Hazai talajviszonyainknak megfelelő szervesfoszfor vizsgálati módszer kidolgozása.

2. Néhány rendelkezésemre álló hazai szelvény szervesfoszfor mennyiségének meghatározása és ezeknek a mennyiségeknek az összes foszforral, összes nitrogénnel és a szerves szénnel való összefüggésének megállapítása.

3. Különböző nagyságú szuperfoszfát adagok hatása a szervesfoszforra azonos talajtípusnál a tenyészidőszak alatt háromszor vizsgálva.

A munkámhoz használt talajminták származási hely- és típus szerint az 1. táblázatban található.

A talajmintákkal az alábbi vizsgálatokat végeztem el: *a)* alapvizsgálatok, *b)* szervesfoszfor (fitin, nuklein), *c)* Schollenberger—Tyurin oxidimetrikus szénmeghatározás, *d)* összes nitrogén, *e)* összes foszforsav, *f)* anorganikus foszforsav, *g)* könnyen oldható foszforsav többszöri kirázással, (fornádi mintáknál), *h)* adszorpciós vizsgálat többszöri kirázással (fornádi minták).

*a)* Az alapvizsgálatok kiegészítették a talajok szabadföldi jellemzését.

*b)* Több külföldi kutató módszerét tanulmányoztam és kipróbáltam hazai talajokon. A próbavizsgálatok alapján úgy határoztam, hogy kis módosítással a Bower-féle módszerrel fogom végezni szervesfoszfor-vizsgálataimat. B o w e r [3], azon az alapon, hogy a fitin és származékai kalciummal oldhatatlan sókat képeznek, külön határozza meg a fitint és származékait a nukleinsavaktól és nukleotidoktól. Vizsgálataimban 100 g talaj helyett 10 g talajból indulok ki, s 1%-os sósav helyett 2%-ossal mosom a talajt a kalciumreakció eltűnéséig. A sávvval és lúggal nyert oldatokat pedig egyesítés után 500 ml-re töltöm fel. 50 ml-ből anorganikus frakciót határozok meg, 250 ml-ből pedig nukleinsavakhoz, illetve fitinhez kötött foszforsavat [4]. Y o s h i d a szerint a szervesfoszfor 95%-a flokulálás után szűrletbe jut [29]. Az eredményeket az 1. ábra mutatja.

*c)* A Schollenberger—Tyurin oxidimetrikus szénmeghatározást a Szokolov—Askinafi—Szerdobolszkij szerkesztésében megjelent módszerkönyv szerint Sarkadi módosításait felhasználva végeztem. A vizsgálat adatait az 1. ábrán foglaltam össze.

*d)* Az összes nitrogént a Schollenberger—Tyurin oxidimetrikus szénmeghatározásnál nyert oldatból határoztam meg. A kapott eredményeket az 1. ábra tünteti fel.

1. táblázat

A vizsgált talajok származási helye, típusa, a szervesfoszfor, valamint a fitin- és nukleinfoszfor megoszlása

Származási hely	Típus	(1) Talajminta		(2) Szerves foszfor az összes foszfor %-ában	Szerves foszfor %-ában	
		szá- ma	mélysége cm		(3) fitinfoszfor	(4) nuklein- foszfor
Mosonszentmiklósi ...	mezőségi talaj	1.	0—22	24,1	92,9	7,1
			22—53	13,0	92,4	7,6
			53—77	3,7	60,9	39,1
			77—120	1,1	68,0	32,0
			120—150	0,5	66,7	33,3
„ ...	réti „	2.	0—16	3,4	87,1	12,9
			16—40	17,1	24,2	75,8
			40—59	1,7	54,5	45,5
			59—85	14,4	35,7	64,3
			85—117	5,9	74,1	25,9
„ ...	„ „	3.	0—6	10,2	37,1	62,9
			6—26	7,7	33,0	67,0
			26—42	6,1	24,3	75,7
			42—56	7,5	22,3	77,7
			56—70	9,5	38,2	61,8
			70—113	7,9	25,0	75,0
			113—143	12,7	28,6	71,4
„ ...	„ „	4.	0—18	2,4	39,9	60,1
			18—45	9,1	8,5	91,5
			45—65	10,2	38,0	62,0
			65—80	8,0	75,1	24,9
			80—110	43,2	81,7	18,3
			110—140	3,3	31,5	68,5
			140—160	8,3	30,6	69,4
„ ...	mezőségi „	5.	0—18	37,3	53,9	46,1
			18—45	30,0	50,0	50,0
			45—70	18,3	26,5	73,5
			70—120	5,7	24,9	75,1
			120—150	2,3	53,1	46,9
Nógrádi .....	barna erdőtalaj	6.	0—20	12,6	20,6	79,4
			20—35	9,3	2,8	79,2
			35—80	11,9	21,8	78,2
			80—105	11,7	2,0	98,0
			105—150	12,4	2,0	98,0
„ .....	sötét sz. erdőtalaj	7.	0—25	9,9	40,0	60,0
			25—42	10,8	2,2	97,8
			42—65	11,5	37,4	62,6
			65—150	8,5	14,5	85,5
Gerjени .....	mezőségi talaj	8.	0—30	9,5	1,0	99,0
			30—60	10,1	1,3	98,7
			60—90	10,3	51,1	48,9
			90—120	10,1	1,4	98,6
			120—150	9,2	42,6	57,4

Származási hely	Tipus	(1) Talajminta		(2) Szerves foszfor az összes foszfor %-ában	Szerves foszfor %-ában	
		szá- ma	mélysége cm		(3) fitinioszfor	(4) nuklein- ioszfor
Sárkőzi .....	„ „	9.	0—30 30—80 80—130	10,7 10,1 9,6	1,5 58,0 13,2	98,5 42,0 86,8
Tiszasülyi .....	szikes „	10.	0—30 30—55 55—85	8,4 8,8 8,8	1,5 23,8 2,6	98,5 76,2 97,4
Badacsonytomaji ....	erdő „	11.	0—20 20—35 35—60	6,2 3,6 2,1	94,2 69,2 71,8	5,8 30,8 28,2
„ .....	„ „	12.	0—20 20—60	10,6 1,1	88,2 86,9	11,8 13,1
„ .....	„ „	13.	0—40 40—70	14,5 1,1	69,7 34,7	30,3 65,3
Fornádi .....	mezőségi talaj	14.	feltalaj	időszakosan vizsgált		
„ .....	„ „	15.	„	„	„	„
„ .....	„ „	16.	„	„	„	„
„ .....	„ „	17.	„	„	„	„
„ .....	„ „	18.	„	„	„	„

e) Az összes foszforsavat királyvizes feltárással, háromszor dehidratizálva vizsgáltam. Vizsgálati adatok az 1. ábrán.

f) Az a. organikus foszforsavat a szervesfoszfor vizsgálat során nyert oldatban határoztam meg.

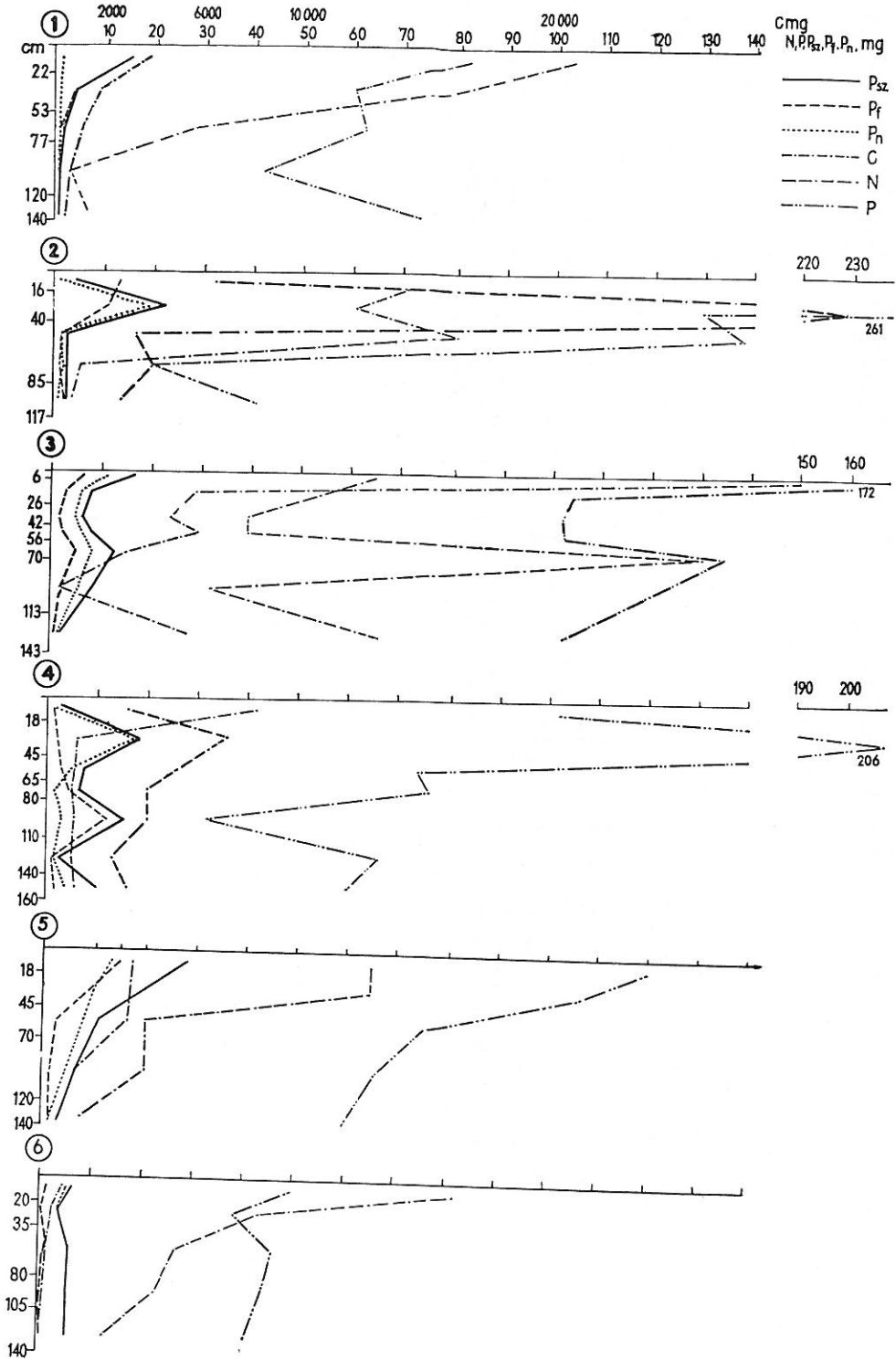
g) A könnyen oldható foszforsavat Egnér módszere szerint négyszeri kirázással határoztam meg. A négy kirázás összesített értékeit a 2/c-d. ábra tünteti fel.

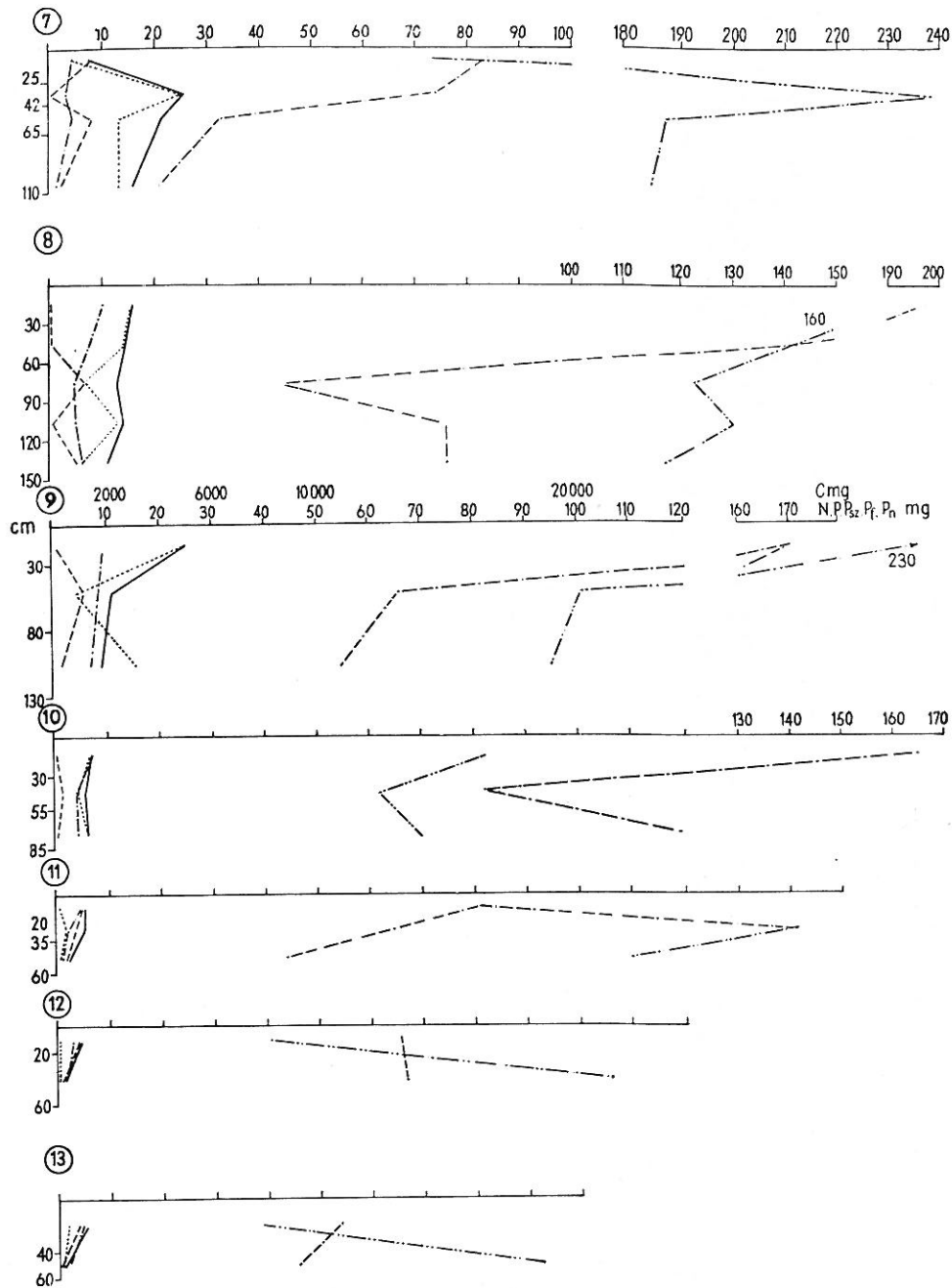
h) Az adszorpciós vizsgálatok szintén négyszeres kirázással történtek oly módon, hogy az első kirázás előtt trágyázó oldatot (10 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100gr talaj) adagoltam. További kirázásoknál trágyázó oldatot nem használtam. A négy kirázás összesített értékeit ugyancsak a 2/c-d. ábrában foglaltam össze.

A fornádi feltalajminták az Állami Gazdaság foszforműtrágyázási kísérletének parcelláiról származnak. Ezeknél a mintáknál az emelkedő szuperfoszfát adagok (100—150—230—350—450 kg) hatását vizsgáltam a szervesfoszforra (2/a-b. ábra), többszöri kirázással az adszorpcióra (2/c-d. ábra) a tenyészidőszak alatt háromszor: IV. 15-én, VI. 15-én és VIII. 15-én.

Könnyebb áttekintés kedvéért a tizenhárom szelvény vizsgálati adatait grafikonon ábrázoltam. Az 1. ábra a szervesfoszfor-, fitinhez kötött foszfor-, nukleinsavhoz kötött foszfor-, szervesszén-, összesnitrogén-, összesfoszfor-mennyiségeit adja meg.

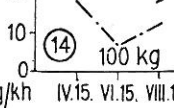
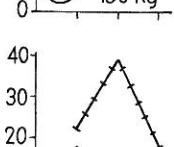
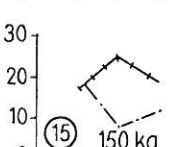
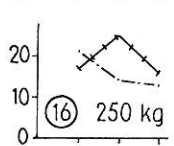
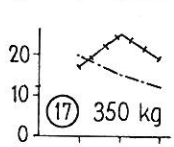
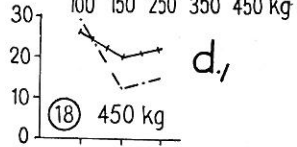
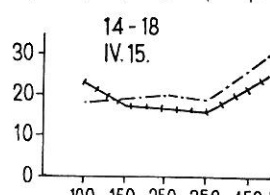
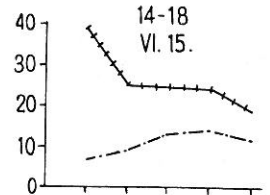
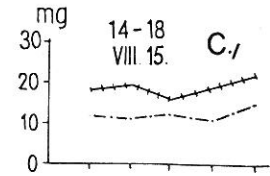
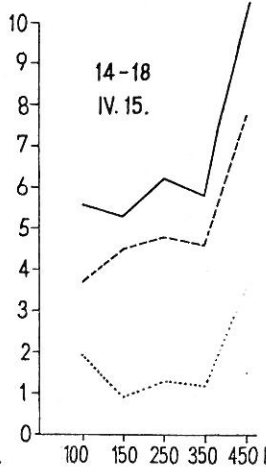
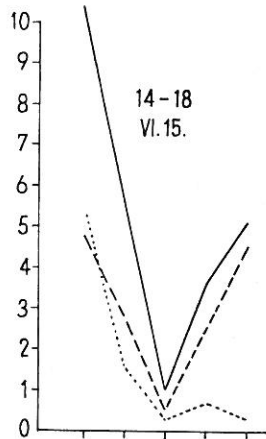
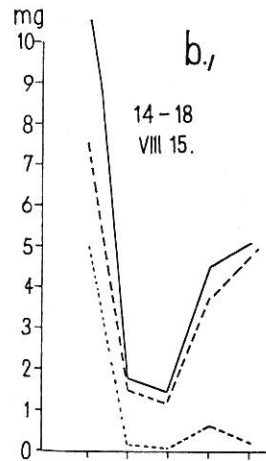
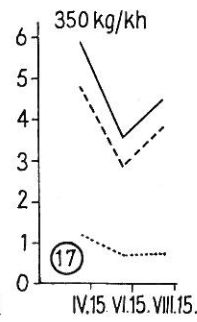
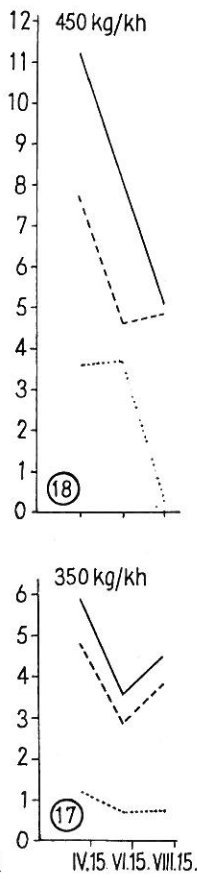
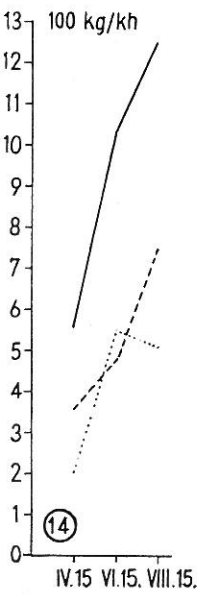
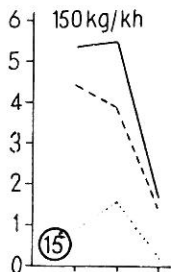
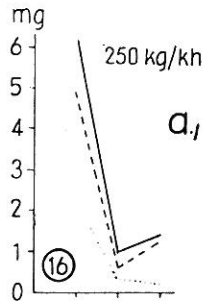
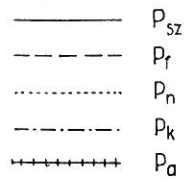
A 2. ábra a. grafikonjai a fornádi feltalajminták szervesfoszfor (fitin, nuklein) vizsgálatait búza alá adott emelkedő szuperfoszfát adagoknál, a 2/b. ábra ugyanezt a három időpontban, a 2. ábra c—d. grafikonjai pedig a könnyen oldható foszforsav többszöri kirázás összegezett eredményeit és az adszorpciós





I. ábra

Az 1—13 szelvény szervesfoszfor ( $P_{sz}$ ), fitinfoszfor ( $P_f$ ), nukleinfoszfor ( $P_n$ ), szerveszén (C), összesen nitrogén (N) és összes foszfor (P) mennyiségei. A szelvények számát, származási helyét, típusát lásd 1. táblázat





vizsgálat értékeit ábrázolja. Mind az 1., mind a 2. ábra *a—b—c—d*-grafikonjain az eredményeket mg/100 g talajra adtam meg. Az 1. ábra grafikonjain a függőleges tengelyre a szelvény mélységét, a vízszintes tengelyre a mennyiséget vittem fel. A 2. ábra *a—d* grafikonjain pedig a vízszintes tengelyen a három időpontot, a függőleges tengelyen a mennyiségeket, a 2. ábra *b—c* grafikonjain vízszintes tengelyen a szuperfoszfát adagokat, függőleges tengelyen pedig a mennyiségeket ábrázoltam. A szervesfoszfor eredményeket (az összesfoszfor %-ában), a fitin és nukleinfoszfor mennyiségeket (a szervesfoszfor %-ában) szelvényenként (származási hely és típus feltüntetésével) az 1. táblázatban foglaltam össze.

### Az eredmények értékelése

Az egyes kutatók a szervesfoszfor mennyiségeket az összes foszforsav %-ában adják meg. A megadott értékszámok rendkívül különbözők, amelynek okát elsősorban az alkalmazott módszerek különbözőségében kell keresni. De különbözők a vizsgált talajok is, és eltérő a szervesanyag felhalmozódás és ásványosodás dinamikája is, amely pedig elsőrendűen befolyásolja a szervesfoszfor felhalmozódását, illetve ásványosodását.

Szervesfoszfor vizsgálataim eredményeit az összesfoszfor %-ában az 1. táblázatban foglaltam össze. A vizsgált talajszelvényekben a szervesfoszfor mennyisége az összes foszfornak 0,5—43,2%-a között változik.

Az 1. ábra szerint az 1, 5, 8, 9. sz. szelvények szervesfoszfor görbéi azonos irányúak. Az 1. sz. szelvény mosonszentmiklósi homokon —, az 5. sz. szelvény mosonszentmiklósi löszön képződött mezősi talaj. A 8. sz. szelvény gerjéni rétiből mezősi talaj, a 9. sz. szelvény sárközi löszön képződött mezősi talaj. Az 1, 5, 9. sz. szelvény görbéi 70—80 cm-nél lényegesen törést jeleznek. Ezekben a talajokban legtöbb a szervesfoszfor a művelt rétegben. 70—80 cm-től a szervesfoszfor mennyisége és mélységi eloszlása nagyon hasonló. E talajok művelt rétegének aránylag nagyobb szervesfoszfor mennyisége a mikroorganizmusok számára kedvező életlehetőségekre utal, mely a szervesanyag egyenletes átalakulásához, s a szervesfoszfor vegyületek messzemenő mineralizációjához vezet. Az 1. sz. szelvény alsó homokrétegeiben a szinte csak nyomokban levő szervesfoszfor valószínűleg gyökérmaradványokból származik.

A 2, 4, 7. sz. szelvények görbéinél határozottan láthatók a kolloidokban dúsabb felhalmozódási szintek, melyek szervesfoszfort is többet tartalmaznak. Ezeknek a szelvényeknek a felhalmozódási szintjében a humusz különleges tulajdonsága, a mikroorganizmusok tevékenysége szervesfoszfor felhalmozódásához vezetett. A 2, 4. sz. szelvények mosonszentmiklósi réti talajok. A 2. sz.

#### 2. ábra

A fornádi feltalajminták (14—18) szervesfoszfor ( $P_{sz}$ ), fitinfoszfor ( $P_f$ ), nukleinfoszfor ( $P_n$ ) kezelésként a három időpontban, valamint a könnyen oldható foszforsav ( $P_k$ ) többszöri kirázás összegezett eredményei és adszorpciós vizsgálatai ( $P_a$ ). *a*) Kezelésként (100—450 kg/kh szuperfoszfát). *b*) 14—18 sz. minták a három különböző időpontban. *c*) Könnyen oldható foszforsav ( $P_a$ ), többszöri kirázás összegezett eredményei és adszorpciós vizsgálatai ( $P_k$ ) a három időpontban. *d*) Könnyen oldható foszforsav ( $P_a$ ), többszöri kirázás összegezett eredményei és adszorpciós vizsgálatai ( $P_k$ ) kezelésként

szelvény 59 cm-től kavicsos. Így érthető, hogy nagyon kevés szervesfoszfort tartalmaz. A 4. sz. szelvény homokon képződött fiatalabb réti talaj. Jól látszik a görbén a két felhalmozódási szint. A 7. sz. szelvény nógrádi sötétszínű erdőtalaj, mely felhalmozódási szintjében a két réti szelvénynél jóval több szervesfoszfort tartalmaz, és a felhalmozódási szint után sem csökken olyan mértékben a szervesfoszfor, mint a két rétinél. Mind a három talajnál a szervesfoszfor mennyiség csökkenése 40—45 cm-nél kezdődik.

A 3. sz. szelvény kavicsos altalajú, kotuból alakult kettős szelvényű réti talaj, művelt rétegében legtöbb a szervesfoszfor (Kotus jellegű). A második szelvény felhalmozódási rétegében, 42—70 cm között ismét megnövekszik a szervesfoszfor-tartalma.

Legkevesebb szervesfoszfort tartalmaz a 6. sz. nógrádi barna erdőtalaj, 10. sz. tiszasílyi szike talaj és a badacsonytomaji erdőtalajok (11, 12, 13. sz. szelvények).

Az 1. ábra szerint a mezősegi és réti talajoknak jellegzetes szervesfoszfor görbéje van.

Az 1, 5, 11, 12, 13. sz. szelvényekben a szervesfoszfor és a fitinhez kötött foszfor görbéje azonos irányú. A szervesfoszfor nagy részét e talajokban a fitinhez és derivátumaihoz kötött foszforsav teszi és ez szabja meg a szervesfoszfor görbéjének irányát is.

A 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10. sz. szelvényekben a nukleinsavhoz kötött foszfor görbéje megegyező a szervesfoszfor görbéjével. Ezekben a talajokban a nukleintestekhez kötött foszforsav több, mint a fitinszármazékokhoz kötött foszforé, és a szervesfoszfor görbe irányát is a nukleinfoszfor adja meg (1. ábra).

Jellegzetes mezősegi szelvényekben a művelt réteg, illetve a humuszos szint fitinfoszforban gazdag (1. ábra: 1, 5. sz. szelvény, 2. a. ábra: 14, 15, 16, 17, 18. sz. minta).

A fitin savanyú talajokban vassal, alumíniummal vagy agyaggal olyan erősen vegyül, hogy gyakorlatilag felvehetetlenné válik. Gyengén savanyú vagy semleges talajokban a fitin kalciummal és magnéziummal vegyül, s így negyedréssz annyira felvehető, mint a monokalciumfoszfát [14]. Valószínű ez az oka, hogy a talajokban jelentős a mennyisége.

Nukleinsavak legjobban adszorbeálódnak, illetve stabilizálódnak, erősen savanyú talajokban. Felhalmozódásukat az teszi lehetővé, hogy nukleoproteinek alkotnak, és ezeknél az agyagásványokon való adszorbeáció és rész-szintézis a defoszforizálódást csökkenti. Karpinszkij és Zamjatina [19], Wrenshall és Dyer [28] az összes foszfor 50—65%-át nukleinsav származékokhoz kötöttnek tartják. Fitin alakjában pedig 100 milliomod-rész foszfort is tartalmazhat a talaj [3].

Vizsgálataim fitinhez és nukleintestekhez kötött foszformennyiségeit az összes szervesfoszfor %-ában kifejezve az 1. táblázat mutatja. A nuklein származékokhoz kötött foszforsav a szervesfoszfor százalékában 7,1—99,-% és a fitinhez, illetve származékaihoz kötött foszforsav mennyiség 5,0%—94,2% között változik a tizenhárom szelvényben.

A talaj olyan enzimeket tartalmaz, amelyek a fitin- és nukleinfoszfort is defoszforizálni képesek, ha azok oldott állapotban vannak. Tehát a szervesfoszfor ásványosodása és felhalmozódása attól függ, hogy az enzimek számára hozzáférhető-e. Tekintve, hogy a szervesfoszfor a talajban régi eredetű, így stabilitását valamilyen állapotnál fogva meglévő körülményeknek kell tulajdonítani.

Felhalmozódásukra, illetve stabilizálódásuk körülményeire nézve a vélemények eltérnek. K a i l a szerint [18] a leglényegesebb faktorok egyike a felvehető vagy szervesszén, mely megszabja a szervesfoszfor abszolút és relatív mennyiségeit. D e a n i s [7] a talajok szén és szervesfoszfor-tartalma között talált összefüggést. B l a c h és G o r i n g a szervesfoszfor mennyiségeket a szénnel és a nitrogénnel találták összefüggésben [1]. F u l l e r és M c G e o r g e szerint viszont a szervesfoszfor és szén aránya talajonként változik [10]. P e a r s o n és S i m o n s o n hét iowai talajnál a szervesfoszfornak a szénhez és nitrogénhez való arányát szelvényenként és típusonként változóknak látták [22].

Vizsgálataim során azt tapasztaltam (1. ábra), hogy tizenhárom szelvény közül tízben a szervesfoszfor a szerves szénnel vagy a nitrogénnel, vagy mindkettővel összefügg. Három talajszelvényben a szervesfoszfor csak az összes foszforral adott összefüggést. Ez a három szelvény: a mosonszentmiklósi kotuból képződött réti talaj (3. sz. szelvény), nógrádi sötétszínű erdőtalaj (7. sz. szelvény), és a badacsonytomaji erdőtalaj (11. sz. szelvény). Tehát a szervesfoszfor mennyisége elsősorban a szervesszén és nitrogén, másodsorban az összes foszfor mennyiségétől függően halmozódik fel, de nem mutatható ki talajtípusonként jellegzetes különbség.

Az 1. ábra szerint a talajszelvényekben a szervesanyag-tartalom a szervesfoszforral általában összefüggést mutatott, ebből következtethető, hogy az esetek nagy részében a szervesfoszfor viselkedése összhangban van a szervesanyag egészének viselkedésével.

A tizenhárom szelvényből hétben a nukleinsavhoz, fitinhez kötött foszfor és a szervesfoszfor görbéje megegyező irányú. Négyben a nukleinfoszfor, kettőben pedig a fitinfoszfor görbéje egyezik meg a szervesfoszfor görbéjének irányával (1. ábra).

A 2/a. ábra 14, 15, 16, 17. sz. mintáinál a fitinfoszfor és a szervesfoszfor görbéje párhuzamosan halad, sőt a 15, 16, 17. sz. mintáknál a nukleinfoszfor görbéje is hasonló lefutású velük. A 14. sz. minta nukleinfoszfor görbéje azt mutatja, hogy az augusztus 15-én vett minták nukleinfoszfora kevesebb, mint a június 15-én vett mintáé. A 18. sz. mintánál a fitinfoszfor és a nukleinfoszfor görbéje is eltér a szervesfoszforétól. A fitinfoszfor a második időpontban, a nukleinfoszfor a harmadik időpontban kevesebb.

A 2/b. ábrán az első időpontban április 15-én, a nukleinfoszfor és a szervesfoszfor görbéje azonos, de nagyon hasonló a fitinfoszfor görbéje is. Mennyiségben valamennyi kezelésnél a nukleinfoszfor kevesebb, mint a fitinfoszfor. A június 15-én és a harmadik időpontban, augusztus 15-én a fitinfoszfor és a szervesfoszfor görbéje teljesen megegyező irányú, a nukleinfoszfor görbéje pedig a 18. sz. mintánál rendkívül alacsony volta miatt a másik két görbétől eltér.

Egyébként a 14. sz. mintánál a bevitt 100 kg szuperfoszfát úgy látszik a szervesfoszfor-frakciókat egyenletesen növelte a tenyészidőszak folyamán. A 15. sz. mintában augusztus 15-én, a 16, 17. sz. mintákban június 15-én találtam a legkevesebb szervesfoszfort. A 18. sz. mintában a szervesfoszfor a tenyészidőszak alatt fokozatos mineralizáción ment át. Végeredményben a legkevesebb volt a szervesfoszfor 250 kg szuperfoszfát adagnál június 15-én.

A 2/c—d. ábra mind az öt mintájában április 15-én volt a legtöbb könnyen oldható foszforsav, a 14, 15, 18. sz. mintákban június 15-én és a 16, 17. sz. mintákban augusztus 15-én volt a legkevesebb a könnyen oldható foszforsavból.

A három vizsgált időpontban a különböző kezeléssű talajokról készített grafikonon elsősorban az látszik, hogy a tenyésztidő folyamán csökken az oldható foszforsav, és a tenyésztidő végére kiegyenlítődnek a különböző szuperfoszfát adagoknál nyert értékek, a görbék kis intervallumban változnak.

A többszöri kioldással nyert adatok, illetve az egy tenyésztidő alatt többször vizsgált könnyen oldható foszforsav értékek már jobb bepillantást adnak az egyes talajok tápanyag-dinamikájába [8]. Az ellentmondások azonban, melyek a laboratóriumi vizsgálatok és a szabadföldi tapasztalatok között fennállnak, ezzel a dinamikus módszerrel sem szűnnek meg, ezért vizsgáltam ebben az évben a foszforsav szerveskötésű frakcióját, hogy ezáltal az egyes talajoknak több foszforadata álljon rendelkezésre, melyek ismerete alapján a talaj foszforellátottságáról tisztább képet, helyesebb ítéletet alkothatunk.

További feladatok ezen az úton a szervesfoszforok az idő, az agrotechnika, a trágyázás hatására bekövetkező mennyiségi változásait és az organikus és anorganikus foszfor közötti változásokat nyomon követni.

### Ö s s z e f o g l a l á s

1. A Bower-féle szervesfoszfor vizsgálati módszer hazai talajviszonyainkhoz szükséges módosítással, alkalmas talajaink szervesfoszfor mennyiségének (fitin-, nuklein-foszfor) meghatározására (1. ábra).

2. A szervesfoszfor felhalmozódása, illetve stabilizációja összefüggést mutat az összes nitrogén, szerves szén, és az összes foszfor mennyiségével, de nem mutatható ki jellegzetes különbség talajtípusonként (1. ábra).

3. Mezőségi talajokban és réti talajokban a szervesfoszfor görbéje a talajok dinamikájának megfelelő. Mezőségi talajoknál a humusz szintben van a legtöbb szervesfoszfor, és a humusz csökkenésével fogy a mennyisége. A réti talajokban a felhalmozódási szint adja a legtöbb szervesfoszfort (1. ábra).

4. Jól kialakult mezőségi talajokban a humusz szintben a fitinhez és derivátumaihoz kötött foszfor halmozódik fel nagyobb mennyiségben (1. ábra: 1, 5. sz. szelvény, 2/a. ábra: 14—18. sz. minta).

5. A különböző trágyaadagokkal kezelt fornádi, mezőségi talajok időszaki vizsgálatai szerint legkevesebb a szervesfoszfor mennyisége 250 kg szuperfoszfát adagnál június első felében. A mineralizálódott szervesfoszfor valószínűleg a magkötéshez használódott fel.

*Érkezett: 1959. szeptember 6.*

## Irodalom

- [1] *Black, C. A. & Goring, C. A. I.* : Organic phosphorus in soils. In Pierre, W. H. & Norman, A. G. : Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition. 123. pp. Academic Press. New York. 1953.
- [2] *Bohne, H.* : Über den Gehalt einiger Böden an organischem Phosphor. Z. PflErnähr. Düng. **62**. 97. 1953.
- [3] *Bower, C. A.* : Studies on the forms and availability of soil organic phosphorus. Iowa State Coll. Agric. Res. Bull. 362. 1949.
- [4] *Bower, C. A.* : Separation and identification of phytin and its derivatives from soils. Soil Sci. **59**. 277. 1945.
- [5] *Csapó, J.* : Talajtan. Mezőgazd. és Erdészeti Kiadó. Bukarest. 1958.
- [6] *Dean, L. A.* : Fixation of soil phosphorus. Advances in Agronomy, **1**. 391. 1949.
- [7] *Dyer, W. L., Wrenshall, C. L. & Smith, G. R.* : The isolation of phytin from soil. Science. **91**. 319. 1940.
- [8] *Fábry, Gy.-né* : Hazai talajok foszforszükségletének laboratóriumi megítélése. 1958. évi kutatói beszámoló. OMMI könyvtár.
- [9] *Flaig, W. & Kaul, R.* : Zur Aufnahme der Phosphorsäure aus Nukleinsäure durch die Pflanze. Die Phosphorsäure. **15**. 208. 1955.
- [10] *Fuller, W. H. & McGeorge, W. T.* : Phosphates in calcareous Arizona soils. II. Organic phosphorus content. Soil Sci. **71**. 45. 1951.
- [11] *Gärtner, R. A.* Outlines of biochemistry. 2. Ed. Wiley. New York. 1938.
- [12] *Gericke, S. & Gschwind, S.* : Die Düngewirkung der organischen Phosphorsäure. Die Phosphorsäure. **15**. 218. 1955.
- [13] *Jackman, R. H. & Black, C. A.* : Hydrolysis of phytate in the soil. Soil Sci. **73**. 167. 1952.
- [14] *Jackman, R. H. & Black, C. A.* : Hydrolysis of iron, aluminium, calcium and magnesium inositol phosphates by phytase at different pH values. Soil Sci. **72**. 261. 1951.
- [15] *Jahn, W.* : Über den Gehalt der Böden anorganisch gebundener Phosphorsäure und deren Wert für die Pflanze. Die Phosphorsäure. **15**. 197. 1955.
- [16] *Kaila, A. & Ryti, R.* : Observations on factors influencing the results of chemical soil tests. Acta Agric. Scand. **1**. 3. 1951.
- [17] *Kaila, A.* : Superfosfaatın käytöstä Karjanlannan seassa. Valtion Maatalouskoetinnnan Julkaisuja No. 134. Helsinki. 1950.
- [18] *Kaila, A.* : Viljelysmaan Orgaanisesta fosforista. Valtion Maatalouskoetinnnan Julkaisuja No. 129. Helsinki. 1948.
- [19] *Karpinszkij, N. P. & Zamjatina, V. B.* : Organic phosphorus compounds in the soil. Transact. USSR Res. Inst. Soil Cultiv. Fertiliz. Phys. Chem. **2**. 1933
- [20] *Menkina, R. A.* : Bakterii, mineralizujuscsie organicseszkie szoedinenija foszfora Mikrobiologija **19**. 308. 1950.
- [21] *Mortland, M. M. & Gieseking, J. E.* : Effect of clay minerals on organic phosphorus compounds in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **16**. 10. 1952.
- [22] *Pearson, R. W. & Simonson, R. W.* : Organic phosphorus in seven Iowa soil profiles: Distribution and amounts as compared to organic carbon and nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **4**. 162. 1940.
- [23] *Rogers, H. T., Pearson, R. W. & Pierre, W. H.* : The source and phosphatase activity of ero-enzyme of corn and tomato roots. Soil Sci. **54**. 353. 1942.
- [24] *Sauerlandt, W., Scheffer, F. & Banse, J.* : Untersuchungen über organisch gebundenen Phosphor in verschiedenen Böden. Z. PflErnähr. Düng. **76**. 244. 1957.
- [25] *Schollenberger, C. J.* : Organic phosphorus content of Ohio soils. Soil Sci. **19**. 127. 1920.
- [26] *Stoklasa, J.* : Biochemischer Kreislauf des Phosphations im Boden. Centrbl. Bakt. II. **29**. 385—519. 1911.
- [27] *Wrenshall, C. L. & McKibben, R. R.* : Pasture studies XII. The nature of the organic phosphorus in soils. Canad. J. Res. **17B**. 475. 1937.
- [28] *Wrenshall, C. I. & Dyer, W. J.* : Organic phosphorus in soils: II. The nature of the organic phosphorus compounds. Soil Sci. **51**. 235. 1941.
- [29] *Yoshida, R.* : Studies on organic phosphorus compounds in soils: isolation of inositol. Soil Sci. **50**. 81. 1940.

## ФРАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В ВЕНГЕРСКИХ ПОЧВАХ

И. Фабри

Почвенная Лаборатория Государственного Института по Контролю Качества Сельскохозяйственных Продуктов, Будапешт

## Резюме

Автор исследовал 13 разрезов и 5 образцов пахотного горизонта на содержание органического фосфора модифицированным методом Bower. В пяти образцах пахотного горизонта автор наблюдал за влиянием возрастающих доз суперфосфата (100, 150, 250, 350, 450 кг/хольд) на количество органического фосфата, легкорастворимого фосфора (по Эгнеру многократными вытяжками). Такое наблюдение было проведено три раза в течение вегетационного периода.

В изученных разрезах количество органического фосфора колеблется в пределах от 0,5 до 43,2% от общего фосфора. Как показывает рисунок 1, кривые органического фосфора в разрезах 1, 5, 8, 9 имеют одинаковый характер. Разрез № 1 представляет собой песчаную почву, разрез № 5 — черноземная почва на лёссе, около Мошонсентмиклош, разрез № 8 — луговой чернозем, около Герьен, разрез № 9 — черноземная почва на лёссе, около Шаркёз. Содержание органического фосфора и распределение его по глубине, примерно одинаковы в двух черноземных почвах, образованных на лёссе. В нижних слоях песчаной почвы (разрез № 1) органический фосфор содержится только в следах, что является следствием корневых остатков.

Разрезы 2 и 4 являются луговыми почвами из Мошонсентмиклош, разрез 7 перегнойно-карбонатная почва из комитата Ноград. На кривых этих почв хорошо видны горизонты аккумуляции, богатые коллоидами, которые содержат одновременно и больше органического фосфора. Разрез № 2 имеет галечную прослойку ниже 59 см, поэтому содержит очень мало органического фосфора. Разрез № 4 представляет собой молодую луговую почву, образованную на песке, на кривой этой почвы хорошо видны два горизонта аккумуляции. В горизонте аккумуляции разреза 7 содержится значительно больше органического фосфора, чем у двух луговых почв, и количество этой фосфорной фракции ниже горизонта аккумуляции не снижается в такой степени, как у луговых почв.

Разрез 3 является двухчленной луговой почвой, образованной на поверхностно-высушенной торфяно-болотной почве с галечной подпочвой. В пахотном горизонте этой почвы содержится больше всего органического фосфора, во втором горизонте аккумуляции, т. е. на глубине 42—70 см, снова повышается количество органического фосфора.

Менее всего органического вещества содержится в разрезе 6, который является бурой лесной почвой из Ноград, и в разрезе 10 карбонатного содового засоленного солонца из Тисашой. Очень мало органического фосфора имеется в бурых лесных почвах из Бадачньтомай (разрезы 11, 12, 13).

Согласно первому рисунку черноземные луговые почвы имеют характерную, своеобразную кривую органического фосфора. В разрезах 1, 5, 11, 12, 13 кривые органического фосфора и фитин-фосфора, имеют одинаковое направление. Преобладающая часть органического фосфора связана фитином и подобными соединениями, поэтому кривая фитин-фосфора напоминает кривую органического фосфора.

В разрезах 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 кривая фосфора, связанного нуклеиновыми кислотами, такая же, как кривая органического фосфора. В таких почвах преобладающая часть органического фосфора представлена не фитин-производными, а соединениями фосфора с нуклеиновыми кислотами.

Черноземные почвы, образованные на лёссе и пахотные горизонты пяти почв из Форнад, богаты фитинфосфором. В десяти из тринадцати разрезах органический фосфор имеет корреляцию с органическим углеродом или с азотом или же с обоими. В трех разрезах органический фосфор коррелируется только с общим фосфором.

На черноземных почвах из Форнад применяли разные дозы суперфосфата под пшеницу. Согласно проведенным наблюдениям, наименьшее количество органического фосфора имеется при дозе 250 кг суперфосфата в первой половине июня. Во всех вариантах фосфор нуклеиновых кислот был меньше, чем фитин-фосфор. Легкорастворимая фосфорная кислота, полученная при многократной экстракции показала наибольшее содержание во всех образцах, взятых во второй половине апреля.

Рис. 1. Количество органического, фитин-, нуклеин-, общего фосфора, общего азота, органического углерода в отдельных почвенных типах. Разрезы 1—13.

Рис. 2. а) Количество органического-, фитин- и нуклеин-фосфора в отдельных вариантах. Образцы 14—18. в) Количество органического-, фитин-, и нуклеин-фосфора, под влиянием минеральных удобрений в трех периодах наблюдений. Образцы 14—18. с-д) Количество легкорастворимой фосфорной кислоты и ее адсорбция (при многократной экстракции) по вариантам (д) в трех периодах наблюдения (с). Образцы 14—18.

Табл. 1. Количество органического фосфора в % от общего фосфора и фитин-, нуклеин-фосфор в процентах от органического фосфора. (1) Место взятия образца и почвенный тип. (2) Органический фосфор в % от общего фосфора. (3) Фитин-фосфор в % от органического фосфора.

(4) Нуклеин фосфор в % от органического фосфора.

## Fractions d'acide phosphorique en liaison organique dans les sols de la Hongrie

I. FÁBRY

Section des sols, Institut National des Recherches Qualitatives de l'Agriculture, Budapest

### Résumé

L'auteur a étudié à l'aide du procédé Bower, adapté aux conditions des sols de la Hongrie, la teneur en phosphore organique de 13 profils de sols et de 5 échantillons superficiels. Dans les 5 échantillons superficiels elle a étudié l'influence des doses croissantes de superphosphate (100—150—250—350—450 kg) sur le phosphore organique et l'acide phosphorique aisément soluble (procédé Egner, extraction répétée) 3 fois pendant la période végétative.

Dans les profils étudiés la quantité du phosphore organique a varié entre 0,5—43,2% de l'acide phosphorique total.

Selon la figure 1 les courbes du phosphore organique des profils 1, 5, 8 et 9 ont la même direction. Les profils sont ceux de sols de steppe, le profil No. 1 s'est développé sur du sable, le profil No. 5 sur du loess (Mosonszentmiklós), le profil No. 8 provient d'un sol de prairie en voie de transformation en sol de steppe (Gerjen) et le profil No. 9 représente un sol de steppe sur loess (Sárköz). La teneur en phosphore organique et sa distribution en profondeur se ressemblent dans les deux sols loessiques. Dans les couches de sable inférieures, le phosphore organique présent pour ainsi dire en traces seulement, provient probablement de restes de racines.

Les profils 2 et 4 proviennent d'un sol de prairie de Mosonszentmiklós, le profil 7 est un sol humique carbonaté. Sur leurs courbes l'on peut nettement distinguer les horizons d'accumulation en colloïdes, qui sont aussi enrichis en phosphore organique. Le profil No. 2 est caillouteux à partir de 59 cm, il est évident ainsi, pourquoi il ne contient que très peu de phosphore organique. Le profil No. 4 provient d'un sol de prairie jeune sur sable, sur sa courbe l'on peut bien distinguer les deux horizons d'accumulation. L'horizon d'accumulation du profil 7 contient bien davantage de phosphore organique que les deux sols de prairie, mais cette teneur ne baisse pas en un tel degré que dans les deux sols mentionnés.

Le profil 3 provient d'un sol de prairie à profil double développé à partir d'un sol tourbeux à sous-sol caillouteux. Sa couche labourée contient le maximum de phosphore organique, dans la couche d'accumulation du deuxième profil, entre 42—70 cm, la teneur en phosphore organique augmente de nouveau.

La plus petite teneur en phosphore organique se trouve dans les profils No. 6, sol brun forestier de Nógrád, No. 10, sol alcalin, salin, calcaire de Tiszasüly, et dans les échantillons de sol brun de Badacsony (profils 11, 12, 13).

La figure 1 montre que les sols de steppe et de prairie possèdent une courbe de phosphore organique caractéristique.

Dans les profils Nos. 1, 5, 11, 12 et 13 la courbe du phosphore organique et du phosphore lié à la phytine ont une direction identique. Dans ces sols la partie majeure du phosphore organique est constituée par de l'acide phosphorique lié à la phytine et à ses dérivés et c'est cela qui détermine la direction de la courbe du phosphore organique.

Dans les profils Nos. 2, 4, 6, 7, 8, 9 et 10 la courbe de l'acide phosphorique lié à l'acide nucléinique est conforme à celle du phosphore organique. Dans ces sols l'acide phosphorique lié aux corps nucléiniques est plus que l'acide phosphorique lié aux dérivés de la phytine et la direction de la courbe du phosphore organique est déterminée par le phosphore des nucléines.

Les deux sols de prairie formés sur le loess et les 5 échantillons de la couche supérieure humifère de Fornád sont riches en acide phosphorique lié à la phytine. Dans dix des 13 profils de phosphore organique est lié au carbone ou à l'azote ou au deux. Dans trois profils le phosphore organique n'est en corrélation qu'avec l'acide phosphorique total.

Selon les investigations saisonnières des sols de steppes traités au superphosphate la quantité du phosphore organique est la moindre dans la première moitié de juin pour les doses de 250 kg. Pour tous les traitements le phosphore nucléinique est moindre que le phosphore phytinique. La quantité d'acide phosphorique facilement soluble, obtenue par des extractions répétées, a été la plus grande dans la seconde moitié d'avril pour tous les cinq échantillons.

*Fig. 1.* Phosphore organique, phytinique, nucléinique, total, azote total, carbone organique dans les divers types de sols. Profils 1—13

*Fig. 2. a)* Teneur saisonnière du phosphore organique, phytinique et nucléinique. Échantillons 14—18. *b)* Teneur en phosphore organique, phytinique et nucléinique à 3 dates dans les sols traités avec diverses quantités de superphosphate. Échantillons 14—18. *c—d)* Acide phosphorique facilement soluble et adsorption (avec extraction répétée) à 3 dates (*c*) et par traitement (*d*) Échantillons 14—18

*Tableau 1.* Phosphore organique en % du phosphore total, et phosphore phytinique et nucléinique en % du phosphore organique. (1) Lieu d'origine, type et échantillon. (2) Phosphore organique en % du phosphore total. (3) Phosphore phytinique en % du phosphore organique. (4) Phosphore nucléinique en % du phosphore organique.