

VĚDECKÝ ČASOPIS

ROSTLINNÁ VÝROBA

5

ROČNÍK 16 (XLIII)
PRAHA,
KVĚTEN 1970
CENA 18 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

Vědecký časopis

ROSTLINNÁ VÝROBA

Řídí redakční rada

Člen korespondent ČSAV prof. dr. ing. Václav Káš, DrSc. (předseda), doc. ing. Jozef Belej, CSc., akademik Ctibor Blatný, doc. ing. Karel Červenka, CSc., dr. Zbyněk Facek, CSc., ing. Jiljí Fiedler, CSc., ing. Jozef Habovštiak, prof. dr. ing. Ladislav Hruška, DrSc., prof. dr. Jan Hruza, prof. dr. ing. Vladimír Kosil, DrSc., doc. ing. Anton Kováčik, CSc., prof. dr. ing. František Landovský, ing. Jozef Lopatník, CSc., člen korespondent ČSAV ing. František Mareček, ing. František Mráz, CSc., ing. Jaroslav Neuberg, DrSc., ing. Ctirad Patejdl, dr. František Pospíšil, doc. ing. Jaroslav Prugar, CSc., doc. ing. Václav Rybáček, CSc., doc. ing. Vladimír Segeta, CSc., ing. Miloslav Schmied, ing. Vladimír Skládál, Jaroslav Skolil, ing. Josef Slepíčka, doc. ing. Antonín Straňák, CSc., ing. Juraž Uhliar, RNDr. ing. Jaroslav Zakopal.

Vedoucí redaktorka Milena Sovová

© Ústav vědeckotechnických informací, Praha 1970

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA uveřejňuje studie, rozbor a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu z oboru rostlinné výroby. Vydává Ústav vědeckotechnických informací. Vychází měsíčně. Redakce: Praha 2, Slezská 7, telefon 25 75 41. Celoroční předplatné Kčs 216,—.

Научный журнал ROSTLINNÁ VÝROBA публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области растениеводства. Издает Институт научно-технической информации. Выход в свет ежемесячно. Редакция Прага 2, Слезка 7.

The scientific journal ROSTLINNÁ VÝROBA published studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the plant production. Published by the Institute of Scientific and Technical Information. Issued monthly. Editorial office Prague 2, Slezská 7.

Die wissenschaftliche Zeitschrift ROSTLINNÁ VÝROBA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der pflanzlichen Produktion. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Informationen. Erscheint monatlich. Redaktion Praha 2, Slezská 7.

Le journal scientifique ROSTLINNÁ VÝROBA publie les études, analyses et traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de production végétale. Publié par l'Institut des renseignements scientifiques et techniques. Publié chaque mois. Rédaction Prague 2, Slezská 7.

Otázka fosforu ve výživě rostlin je stále nedořešeným problémem

Toto číslo Rostlinné výroby je věnováno problematice fosforu ve výživě rostlin. Podle průzkumu Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského je zřejmé, že fosfor může být v současné době živinou limitující výši výnosů na velkém množství našich půd. Naše vlastní zdroje fosforu jsou minimální a většinu surovin na výrobu fosforečných hnojiv musíme dovážet. Světové zásoby fosfátů však stále klesají a stávají se strategickou surovinou.

Ačkoliv je studiu fosforu v oblasti výživy rostlin a agrochemie věnována značná pozornost po více než sto let, zůstává otázka chování fosforu v půdě jednou z nejméně jasných v agrochemické vědě. Fosfor je zcela jedinečný co do počtu různých forem, reakcí, sloučenin a komplexů, kterých se může účastnit, nebo ve kterých se může vyskytovat v půdě. Reakce, lépe řečeno řetěz reakcí fosforu v půdě, které probíhají v době od aplikace fosforečného hnojiva do půdy až do vytvoření konečného produktu, závisí na celé řadě faktorů. Změny půdního systému způsobené změnou okolních podmínek mění stále sloučeniny fosforu v půdě, takže k trvalé rovnováze v dynamickém půdním systému nikdy nedojde.

Složitá povaha půdního fosforu ztěžuje i charakteristiku jeho sloučenin v půdě a možnost stanovit, které z nich jsou přístupné rostlinám. Byly učiněny pokusy určit charakter sloučenin fosforu v půdě a spojovat výsledky těchto stanovení s přístupností fosforu rostlinám, ale metody k tomu účelu používané mají ještě hodně nedostatků a nejsou ani univerzálně použitelné, ani přesné.

Také hodnocení fosforečných hnojiv v polních pokusech je velmi složité právě v důsledku toho, že nejsou k dispozici dostatečné údaje o podmínkách půdy, kam je toto hnojivo unášeno, a o podmínkách růstu plodiny, která je fosforem hnojena.

Výzkum těchto otázek je jedním ze základních úkolů agrochemie a výživy rostlin a další zvyšování efektivnosti hnojení vyžaduje hlubší teoretické studium vztahů mezi půdou, hnojivem a rostlinou. Na tomto úseku se všude ve světě i u nás začalo intenzivně pracovat a s výsledky snažení našich výzkumných pracovníků se seznámíte v článcích publikovaných v tomto monotematickém čísle.

Uveřejněné články zabírají celou problematiku fosforu od jeho chování v půdě až po využití v rostlině. První z článků je věnován formám organického fosforu v půdě, jejich frakcionaci a hydrolýze některých organických sloučenin fosforu. Další skupina se zabývá problematikou chování a vazeb fosforu v půdě a vlivem organického i minerálního hnojení na jeho obsah i formy. Velmi zajímavý je i článek o vlivu elektrárenského popílku na extrahovatelnost fosforu z půdy.

Velmi diskutovaným problémem se zabývají články hodnotící metody stanovení tzv. přístupného fosforu.

K otázce hnojení fosforem se obracejí články hodnotící možnost hnojit fosforem zásobně na několik let se současnou aplikací statkových hnojiv a dále je sledován vliv vysokých dávek fosforečných hnojiv při intenzivní výživě lučního porostu na množství sklizené píce.

Další články se zabývají otázkou využitelnosti forem půdního fosfátu vojtěškou a vlivem stupňovaných dávek fosforu na vlastnosti kořenového systému.

Monotematické číslo je ukončeno zajímavým článkem o vlivu vegetačně nevyužitého fosforu na znečišťování našich vod.

RNDr. Jiří Pírk l, CSc., Výzkumné ústavy rostlinné výroby, Ústav výživy rostlin, Praha-Ružyně

ORGANICKÝ FOSFOR V PŮDĚ, JEHO EXTRAKCE A MINERALIZACE

F. POSPÍŠIL

POSPÍŠIL F. (Institute of Soil Science, Prague-Ruzyně). *Organic Phosphorus in Soil, Its Extraction and Mineralization*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 457-465, 1970.

Humus substances, extracted by 0.3 M KOH after a preceding preparation of the soil with 0.1 N or 1.0 M HCl, contain organic phosphorus as their integral part. When making a gel filtration, we found a considerable part of P_0 in a high-molecular fraction, which means the formation of a certain complex bond between organic phosphorus and humus substances. Hydrolysis of organic substances and a successive division of the hydrolysate in Sephadex revealed phytine in a high-molecular fraction. This latter substance can be hydrolyzed in an acidic medium. The amount of neutral phosphorus liberated from phytine increases in dependence on pH. The hydrolysis of the organic phosphorus, phytine, cannot occur. In topsoils of different soil types 30 to 35 % of P_0 can be found. In the lower part of the profile the content of P_0 decreases even to 15 to 30 %. We observed a correlation between the content of organic phosphorus and that of oxidable carbon C_{ox} .

content of organic phosphorus in soil; bond with humus substances; mineralization of organic phosphorus

Jak uvádí Cosgrove (1967), nelezeme v půdě čtyři formy organický vázaného fosforu: fyтин (polyfosfáty myoinositolu), fosfolipidy, nukleinové kyseliny a fosforylované cukry. Podle Andersona (1961, 1964) více než 50 % organického fosforu v půdě tvoří fyтин. Obvykle nacházíme v různých půdních typech z celkového fosforu v půdě 10 až 50 % organického fosforu.

Organický fosfor extrahujeme ze zeminy zpravidla roztoky louhů (0,1 M až 0,3 M NaOH, KOH) po předchozí preparaci zeminy kyselinou (Anderson 1964, Martin 1964). Nejčastěji probíhá extrakce při laboratorní teplotě, ale Mehta et al. (1954) doporučují extrakci zeminy při 70 °C s konc. HCl a poté s 0,5 N NaOH při 90 °C.

Vzhledem k tomu, že spolu s organickým fosforem extrahujeme ze zeminy též značné množství humusových látek, je další dělení organických fosfátů spojeno též s jejich dělením. Anderson (1961) dělí tak organický fosfor do tří frakcí: první, koagulující při pH 2,0 spolu s huminovými kyselinami, obsahuje 5 až 50 % organického fosforu. Fyтин se sráží jako Fe a Al sůl při pH 2,7 až 3,0. Třetí frakce, tedy fulvokyseliny, obsahují nejrozličnější sloučeniny organického fosforu.

Martin (1964), Anderson (1964) dělili fosforečné estery na různých anexech gradientovou elucí. Zjistili, že asi 30 % organického fosforu je vázáno s humusovými látkami. Fyтин je možné oddělit od minerálního fosforu chromatografií na papíře, jak uvádějí Anderson (1956) a Fardeau et al. (1968).

Organický fosfor koreluje úzce s obsahem humusu a jak uvádí Russel (1961), je tento poměr 1 : 100—200.

Hydrolyza organického fosforu v půdě je podle Andersona (1967) možná buď enzymaticky, např. enzymem fytázou, anebo účinkem vodíkových iontů. Při pH 4,0 a 100 °C se fytin štěpí za 6 h z 27 %. Thomson (1954) zjistil, že mineralizace organických fosfátů je v úzké závislosti na mineralizaci půdní organické hmoty, humusu.

MATERIÁL A METODY

K extrakci organického fosforu jsme použili vzorky jemnozeme různých půdních typů. Pro dělení a mineralizaci organického fosforu jsme extrahovali organický fosfor z jemnozeme černozemě, Brázdim (humusový horizont, H_{or}, 5–20 cm).

1. Fosfor jsme stanovili kolorimetricky vytřepáním fosfomolybdenového komplexu do směsi izobutanol : benzen, s následující redukcí komplexu v kyselém alkoholu chloridem cínatým podle metody Martina a Dotyho (cit. Linberg a Ernster 1954). Extinkci fosfomolybdenové modři jsme měřili na spektrofotometru Spekol při 625 nm.

2. Celkový fosfor (P_T) jsme stanovili v roztoku humusových látek oxidací odparku s HClO₄ (75 %). Obvykle jsme ke stanovení brali 15–30 ml extraktu, odpařili do sucha a spalovali s 3 ml HClO₄, poté spláchli horkou vodou do odměrky na 50 ml.

3. Minerální fosfor (P_m) jsme stanovili tak, že jsme výluh humusových látek okyselili, přidali trochu aktivního uhlí, poté filtrovali. V zahuštěném filtrátu jsme stanovili P_m.

4a. Organický fosfor jsme extrahovali s 0,3 M KOH po předchozí preparaci zeminy s 0,1 M HCl podle Martina (1964).

4b. Množství organického fosforu v různých půdních typech jsme stanovili v 0,3 M KOH extraktech (po předchozí preparaci zeminy s 1,0 M HCl za tepla). Do skleněné centrifugační kyvety navážíme 2 g jemnozeme. Přidáme 40 ml 1,0 M HCl, promícháme a ponecháme ve vyhřáté sušárně při 80–90 °C 1 hodinu. Po vychladnutí centrifugujeme. Supernatant přelijeme do 200 ml odměrné baňky. K zemině přidáme 40 ml destilované vody, promícháme a centrifugujeme při 2600 g 15–20 minut. Supernatant přidáme ke kyselému výluhu. Poté přidáme k jemnozemi 20 ml 0,3 M KOH, promícháme a spláchneme dalšími 20 ml 0,3 M KOH do polyetylenové centrifugační kyvety o obsahu 200 ml.

Kyvetu uzavřeme polyetylenovou plenou a necháme 1 hod. třepat. Ponecháme přes noc v kldu. Druhý den zeminu promícháme, poté centrifugujeme. Supernatant přidáme ke kyselému výluhu. K zemině v kyvetě přidáme znovu 20 ml 0,3 M KOH, promícháme a za chvíli centrifugujeme. Supernatant přidáme k výluhu a doplníme vodou po značku.

Po usazení huminových kyselin odpipetujeme 30 ml výluhu a stanovíme P_m. V 15–30 ml výluhu stanovíme P_T. Výluh odpaříme v Erlenmayerově baňce anebo v malé kjehdalce do sucha, přidáme HClO₄ a spalujeme na pískové lázni do projasnění. Poté spláchneme do 50 ml odměrky. Ke stanovení P pipetujeme 5 ml.

Obsah organického P určíme z rozdílu: $P_o = P_T - P_m$.

5. Gelová filtrace. K dělení alkalických extraktů (0,1 N HCl → 0,3 M KOH) jsme použili filtraci na gelech Sephadexů. Kolony měly různé rozměry, jak bude dále uvedeno. Techniku gelové filtrace jsme popsali v dřívější práci (Pospíšil 1967).

6. Hydrolyza organických látek. Alkalický výluh (0,3 M KOH) jsme zahustili ve vakuu (100 ml na 20 ml) a upravili koncentraci KOH tak, aby byla 2 M. V zatavené zkumavce jsme potom látky hydrolyzovali 8 hodin při 110 °C. Potom jsme hydrolyzát centrifugovali a pH supernatantu upravili s HCl asi na 3,0. Vyvločkové křemičitany jsme odcentrifugovali, supernatant potom dělili na Sephadexu G 10. Jednotlivé frakce jsme vymývali s 0,02 M borátovým ústojem o pH 9,3. Získané frakce jsme zahustili ve vakuu a dělili sestupnou chromatografií na papíře Whatman č. 1, který jsme předem promyli s HCl a Chelatonem 3, jak doporučuje Anderson (1956). K vyvíjení jsme použili směs: izopropylalkohol : amoniak : voda (50 : 40 : 10). Při detekci P jsme postupovali podle Grunze a Thieleho (1955), tj. usušený papír jsme postříkali roztokem molybdenanu s HClO₄, organický fosfor hydrolyzovali při 80 °C a poté redukovali vzniklý fosfomolybdenový komplex parami sirovodíku.

VÝSLEDKY

1. OBSAH ORGANICKÉHO FOSFORU V ORNICI ČERNOZEMĚ-BRÁZDÍM

a) Extrakce 0,1 M HCl → 0,3 M KOH. Tabulka I udává obsah P_0 , extrahovaného 0,3 KOH. Získali jsme tedy 44 % P z celkového fosforu a 32 % P_0 . V 0,3 M extraktu humusových látek nalezneme 72 % P_0 .

b) Extrakce 1,0 M HCl → 0,3 M KOH. Jestliže zvýšíme koncentraci kyseliny na 1,0 M a preparaci zeminy kyselinou provádíme za tepla, zvýší se množství extrahovaného P na 80 % (z celkového P) a množství P_0 na 60 %, jak ukazuje tabulka II.

I. Obsah P v ornici černozemě — Brázdim, H_{or} , 5–20 cm (extrakt 0,1 M HCl → 0,3 M KOH). mg P/100 g zeminy. — Content of P in topsoil in chernozem — Brázdim, humus horizon, H_{or} , 5–20 cm (extract 0.1 M HCl → 0.3 M KOH). mg of P/100 g of soil

	P_T	P 4,0N HCl	P_T	P_0	P_m	Neextrahovaný podíl
	57,0	21,2	20,1	14,5	5,6	26,0
$P_T = 100\%$	—	46,0	44,0	32,0	12,0	56
			100 %	72 %	28	

II. Obsah P v ornici černozemě Brázdim, H_{or} , 5–20 cm (extrakce 1,0 M HCl → 0,3 M KOH). mg P/100 g zeminy. — Content of P in topsoil in chernozem — Brázdim, humus horizon, H_{or} , 5–20 cm, (extraction 1.0 M HCl → 0.3 M KOH). mg P/100 g of soil

	P_T	P_0	P_m	Neextrahovaný podíl
	46,5	37,1	9,4	16,0
$P_T = 100\%$	81 %	65 %	16 %	28 %
	$P_T = 100\%$	79 %	20 %	—

c) Obsah organického P v jednotlivých frakcích humusových látek ukazuje tabulka III. Převážná část organického P zůstává v roztoku humusových látek „hnědých“, s humusovými látkami „šedými“ (po jejich vysolení v 0,25 M NaCl při pH 8,0) zůstává 20 % P_0 .

Po okyselení alkalických extraktů nalezneme v huminových kyselinách okolo 10 % P_0 .

d) Gelová filtrace na Sephadexu G 25. Humusové látky, obsahující asi 100 mg P ve 100 ml, jsme neutralizovali a centrifugovali při 15 000 rpm. 50 ml supernatantu jsme dělili na sloupci gelu G₂₅ (rozměry sloupce: 2,8 X 130 cm), který byl nasycený do rovnováhy s 0,02 M borátovým ústo-

III. Rozdělení fosforu, extrahovaného 0,3 M KOH do jednotlivých frakcí. mg P/100 g zeminy. — Distribution of phosphorus extracted by means of 0.3 M KOH into different fractions. mg P/100 g of soil

Frakce	P_T	Po	Pm
Humusové látky	19,2 = 100 %	15,0 = 100 %	4,2
Tzv. „hnědé humusové látky“	13,6 = 71 %	12,0 = 80 %	1,6
Tzv. „šedé humusové látky“	5,3 = 27 %	3,0 = 20 %	2,6
Huminové kyseliny		1,92 = 10 % P_T	
Fulvokyseliny		13,1 = 90 % P_T	4,0

IV. Dělení humusových látek a organického fosforu gelovou filtrací na Sephadexu G25. Eluce s 0,02 M borátovým ústojem, pH 9,3 — Division of humus substances and organic phosphorus by means of gel filtration on Sephadex G25. Elution with 0.02 M borate buffer, pH 9.3

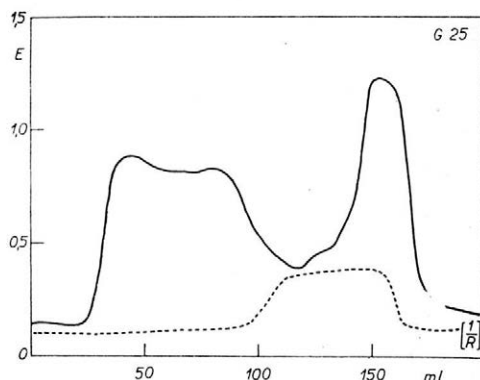
mg P frakce	P_T	Pm	Po	% Pm	% Po	% P_T/P_T na sloupci
I.	0,199	0,041	0,158	20,5	80	44,5
II.	0,133	0,098	0,035	73,0	27	29,5
III.	0,114	0,054	0,060	47,0	53	25,5
S =	0,446	0,193	0,253			99,5

Na sloupec jsme dali 0,489 mg P_T , obsahoval 0,234 mg Pm a 0,255 mg Po. 17 % Pm obsahoval eluční roztok následující po III. frakci.

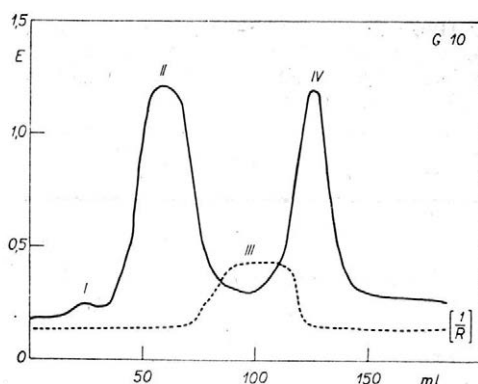
jem o pH 9,3. Tentýž ústoj jsme použili k eluci humusových látek. Výsledky dělení ukazuje obrázek č. 1 a tabulka IV. Zjistili jsme, že na Sephadexu se rozdělí organický fosfor tak, že 1. frakce obsahuje 45 % celkového P, daného na sloupec. Z toho je 80 % organického fosforu. Znamená to tedy, že v první frakci je fosfor vázaný v komplexu s humusovými látkami.

2a. ALKALICKÁ HYDROLÝZA HUMUSOVÝCH LÁTEK

Po hydrolýze a oddělení křemičitanů jsme získaný hydrolyzát dělili na G_{10} . Záznam absorpce na obr. 2 a tabulka V ukazují rozdělení humusových látek a organického fosforu v jednotlivých frakcích. Nejvyšší obsah fosforu je



1. Dělení humusových látek na Sephadexu G₂₅. Sloupec: 2,8×130 cm. Eluce borátovým ústojem pH 9,3. 0,02 M, rychlost toku 20 ml/h. Plná linie: absorpce při 254 nm, tečkovaná: vysokofrekvenční vodivost. — Separation of humus substances on Sephadex G₂₅. Column: 2,8×130 cm. Elution with borate buffer pH 9.3. 0.02 M, rate of flow 20 ml/h. Full line: absorption at 254 nm, dotted: high-frequency conductivity



2. Dělení hydrolyzátu humusových látek na Sephadexu G₁₀. Sloupec: 20×80 cm. Eluce s borátovým ústojem pH 9,3. 0,02 M, rychlost toku 10 ml/h. — Separation of the hydrolyzate of the humus substances on Sephadex G₁₀. Column: 20×80 cm. Elution with borate buffer pH 9.3. 0.02 M, rate of flow 10 ml/h

V. Obsah P v jednotlivých frakcích, po dělení hydrolyzátu humusových látek. (Dělení na sloupci Sephadexu G₁₀, eluce 0,02 M borátovým ústojem, pH 9,3) mg P. — Content of P in different fractions after the separation of the hydrolyzate of the humus substances. (Separation on a Sephadex G₁₀ column, elution with 0.02 M borate buffer, pH 9.3) mg of P

Frakce	P _T	P _O	P _m	% P _m
I.	0,005	0,003	0,002	—
II.	0,071	0,059	0,010	14
III.	0,008	stopy	stopy	—
IV.	0,010	stopy	stopy	—

ve druhé frakci. Tuto frakci jsme zahustili ve vakuu a nanесли na chromatografický papír, společně se standardy. Podle R_f, jak ukazuje tabulka VI soudíme, že tato frakce obsahuje fytyl.

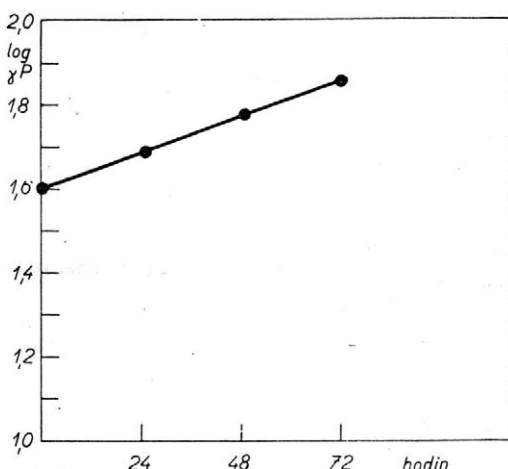
2b. HYDROLÝZA FYTINU, ZÁVISLOST NA pH A ČASE

Frakce z G₁₀, obsahující fytyl, jsme nastavili na pH 3,0 — 7,5 a uzavřené baňky s kapkou toluenu jsme dali do termostatu (50 °C) na 24 hodin. Po této době jsme stanovili v jednotlivých frakcích obsah minerálního P. Výsledky stanovení ukazuje tabulka VII. Zjistili jsme, že se obsah minerálního P zvyšuje v závislosti na pH.

3. Hydrolýza organického fosforu (frakce z G_{10}) při pH 5,0 a 50 °C. — Hydrolysis of organic phosphorus (fraction from G_{10}) at pH 5.0 and at 50 °C ➔

VI. Hodnoty R_f . — R_F values

	R_f
II. frakce z G_{10}	$0,72 \pm 0,2$
Fytin	$0,70 \pm 0,2$
PO_4^{3-}	$0,85 \pm 0,4$



VII. Hydrolýza organického fosforu (fytinu) při různém pH při 50 °C — 24 hodin. — Hydrolysis of organic phosphorus (phytine) at different pH, at 50 °C; for 24 hours

	pH				
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,5
mg P _m ve vzorku po ukončené hydrolýze	0,0120	0,0115	0,0089	0,0065	0,0047
Zvýšené P _m oproti kontrole v mg P	0,0073	0,0068	0,0042	0,0018	0
Hydrolyzovalo se v organickém P	0,0070	0,0060	0,0039	0,0015	0

Na začátku pokusu obsahovaly vzorky 0,0050 mg P_m

Podobně jsme při pH 5,2 sledovali po tři dny rychlost hydrolýzy fytinu ve 2. frakci z G_{10} . Výsledky měření rychlosti hydrolýzy ukazuje obrázek č. 3. Zjišťujeme, že rychlost reakce je velmi malá, jak ukazuje směrnice přímky.

3. STANOVENÍ OBSAHU EXTRAHOVATELNÉHO FOSFORU V RŮZNÝCH PŮDNÍCH TYPECH

Organický fosfor jsme extrahovali ze zeminy s 0,3 M KOH po předchozí preparaci zeminy s 1,0 N HCl za tepla. Výsledky stanovení organického fosforu ukazuje tabulka VIII. Uvažovali jsme o vztahu mezi obsahem humusu, vyjádřeného hodnotou C_{ox} a P_o . Výpočtem koeficientu pořadové korelace jsme zjistili, že existuje závislost mezi obsahem P_o a C_{ox} , neboť vypočtený koeficient $R = 0,451366$, což je větší hodnota než kritická hodnota $r = 0,3494$ při $p = 0,05$, $v = 32 - 2$.

VIII. Obsah organického P v různých půdních typech v mg 0/100 g zeminy. Extrakce: 1,0 M HCl (za tepla) 0,3 M KOH. (Průměrné, zaokrouhlené hodnoty ze čtyř stanovení). — Content of organic phosphorus in different soil types in mg of P/100 g of soil. Extraction: 1.0 M HCl (under warm conditions) 0.3 M KOH. (Average rounded-up values for four determinations)

Místo	Půdní typ	Označení gen. hor.	mg P _T	Mg P _T v O, 3M KOH	mg P _T	Mg Po	% Po v P _T
Louny	černozem karbonát.	Hor(Ca)	108	64	16	48	44
		H Ca	77	38	8	26	34
Brázdim	černozem	H or	74	42	17	25	34
		H	56	40	20	20	36
Úhřetice	černozem degradov.	H or	91	60	17	43	47
		H	97	20	60	60	62
		hor	61	36	7	29	48
Střemy	hnědozem	h	44	20	8	12	27
		h(e)	42	25	9	16	37
		hor	78	39	12	27	35
Ruzyně	hnědozem	h(i)	43	19	3	16	37
		I	43	27	3	24	56
Semtín	hnědozem illimeri- zovaná	hor	49	41	21	20	41
		(h)e(i)	44	33	10	20	45
		I ₁	43	41	16	25	58
Mnich	illimeri- zovaná půda	h	65	39	11	28	43
		Eg	56	21	9	12	21
		I ₁ g	39	11	5	6	15
Turnov	illimeri- zovaná půda	h	73	51	17	34	50
		Eg	69	41	16	25	36
		I ₁ g	56	31	11	20	36
Prostřední Lipka	oglejená půda	he(g)	83	43	9	34	41
		e(i)g	52	30	9	21	40
		I ₁ (g)	44	33	13	20	45
Nový Knín	hnědá půda	h	52	43	22	21	40
		v	35	19	5	14	40
Červený Potok	hnědá půda kyselá	hor	73	50	9	41	56
		(h)v	39	19	5	15	38
		(v)P	26	11	3	8	31
Bartošovice	podzolovaná půda	hor	65	50	17	33	51
		(h)E	26	12	8	4	15
		(h)Is	43	22	7	15	35

DISKUSE

Extrakt zeminy z černozemě 0,3 M KOH po předchozí preparaci s 0,1 M anebo 1,0 M HCl získáme ve vylučích humusových látek až 60 % organického fosforu.

Spolu s humusovými látkami tvoří organický fosfor určitý komplex, neboť s tzv. šedými humusovými látkami koaguluje 20 % P_o , huminové kyseliny obsahují okolo 10 % P_o . Podle výsledků dělení na Sephadexech soudíme, že tato vazba je dosti pevná, neboť při gelové filtraci na Sephadexu frakce, která protéká gelem, obsahuje 45 % celkového P daného na sloupec a z toho je 80 % P_o . Zda se jedná o chemickou vazbu anebo o určitý typ sorbce, je těžko rozhodnout. Můžeme se ale domnívat, že organický fosfor tvoří s humusovými látkami pevný komplex.

Pomocí alkalické hydrolýzy jsme získali frakci humusových látek, která obsahuje fytin. Zjistili jsme, že fytin v této frakci je možné hydrolyzovat účinkem H^+ iontů. Rychlost hydrolýzy se zvyšuje se stoupající kyselostí roztoku, v neutrálním prostředí neprobíhá. Ve skutečnosti však hydrolýza fytinu v přítomnosti humusových látek probíhá velmi pomalu, jak je vidět z pokusů, kdy jsme sledovali časový průběh hydrolýzy při pH 5,2 a 50 °C.

Extrakce zeminy za tepla s 1,0 M HCl a následující extrakce 0,3 M KOH při laboratorní teplotě 24 hodin umožňuje stanovit organický fosfor v různých půdních typech. V ornících černozemích jsme našli 30–50 % P_o , u hnědozemí též 30–50 %, u illimerizovaných půd 40–50 %, u oglejených, hnědých a podzolovaných půd 40–55 % P_o . Ve spodní části profilu množství P_o obvykle klesá, zjistili jsme 15–30 % P_o .

Jak jsme zjistili výpočtem koeficientu pořadové korelace, obsah P_o se zvyšuje s obsahem C_{ox} .

Z výsledků našich rozborů a pokusů soudíme, že organický fosfor v půdě tvoří integrální část půdní organické hmoty, že dochází k vazbě mezi ním a humusovými látkami. Jeho mineralizace je spojena s mineralizací humusových látek.

Literatura

- ANDERSON G., 1956, The identification and estimation of soil inositol phosphates. J. Sci. Fd. Agric. 7: 437-44.
- , 1961, A partial fractionation of alkali-soluble soil organic phosphate. J. Soil Sci. 12: 276-85.
- , 1964, Investigations on the analysis of inositol hexaphosphate in soils. Transact. 9th Int. Congr. Soil Sci. Bucharest. IV. 563-70.
- FARDEAU J. C., DELILLE D., ABRAMOVICI C., 1968, Utilization de la phytine par les plantes. Isotopes and Radiation in Soil Org. Matter Studies. Vienna. 555-564.
- GRUNZE H., THIELO E., 1955, Zur Papierchromatographie der Kondensierter Phosphate. Sitzungsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin. 1-28.
- McLAREN A. B., PETERSEN G. H., Soil Biochemistry. 1967.: ANDERSON G.: Nucleic Acids, Derivatives and Organic Phosphorus. p. 67-88. COSGROVE D. J.: Metabolism of Organic Phosphorus in Soil. p. 216-226.
- LINDBERG O., ERNSTER L., 1954, Methods of Biochemical Analysis. Vol. III. Determination of Organic Phosphorus Compounds by Phosphate Analysis. p. 1-13.
- MARTIN J. K., 1964, Soil Organic Phosphorus. I. Methods for the Extraction and Partial Fractionation of Soil Organic Phosphorus. p. 723-35. II. The Nature of Soil Organic Phosphorus. p. 736-49. III. Patterns of Organic Phosphorus in a Series of representative New Zealand Soils. p. 750-759. New Zealand Journal of Agricultural Research. Vol. 7. No. 4.

- MEHTA N. C., LEGG J. O., GORING C. A. I., BLACK C. A., 1954, Determination of organic Phosphorus in Soils. I. Extraction Methods. Proc. Soil. Sci. Soc. Am. 18 : 443-9.
- POSPÍŠIL F., 1967, Fractionation of Humus Substances by Gel Filtration on Sephadex and Their Structure. Studies about Humus. 121-126. Praha.
- RUSSEL E. W., 1961, Soil Conditions and Plant Growth. Langmanns. London.
- THOMPSON L. M., BLACK C., ZOELLNER J. A., 1954, The Mineralization of Organic Phosphorus, Nitrogen, and Carbon in Clarion and Webster Soils. Soil Sci. 77 : 175-185.

Došlo dne 19. 1. 1970

POSPÍŠIL F. *Organický fosfor v půdě, jeho extrakce a mineralizace*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 457-465, 1970.

Humusové látky, extrahované 0,3 M KOH po předchozí preparaci zeminy s 0,1 N anebo 1,0 M HCl, obsahují jako nedílnou část organický fosfor. Při gelové filtraci jsme našli značnou část P_0 ve vysokomolekulární frakci, což znamená, že dochází k vytvoření určitého komplexu mezi organickým fosforem a humusovými látkami. Hydrolyzou organických látek a následujícím dělením hydrolyzátu na Sephadexu jsme zjistili ve vysokomolekulární frakci fyty. Ten je možné hydrolyzovat v kyselém prostředí. Množství minerálního fosforu, uvolněného z fyty stoupá v závislosti na pH. V neutrálním prostředí hydrolyza organického fosforu, fyty, neprobíhá. V ornicích různých půdních typů nalezneme 30—55 % P_0 . Ve spodní části profilu se obsah P_0 snižuje až na 15—30 %. Nalezli jsme korelaci mezi obsahem organického fosforu a oxidovatelného uhlíku, C_{ox} .

obsah organického fosforu v půdě; vazba s humusovými látkami; mineralizace organického fosforu

ПОСПИШИЛ Ф. (Институт почвоведения, Прага-Рузыне) *Органический фосфор в почве, его экстрагирование и минерализация*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 457-465, 1970.

Гумусные вещества, экстрагированные 0,3 M KOH после предварительного препарирования почвы с 0,1 или 1,0 M HCl, как неотъемлемую часть содержат органический фосфор. При гелевом фильтровании мы обнаружили значительную часть P_0 в высокомолекулярной фракции, что свидетельствует об образовании определенного комплекса между органическим фосфором и гумусными веществами. Путем гидролиза органических веществ и последующего деления гидролизата на Сефадексе в высокомолекулярной фракции был обнаружен фитин. Его можно гидролизовать в кислой среде. Количество минерального фосфора, освобожденного из фитина, повышается в зависимости от pH. В нейтральной среде гидролиз органического фосфора, фитина, не протекает. В пахотном слое различных почв содержится 30-55% P_0 . В нижней части профиля содержание P_0 снижается почти до 15-30 %. Установлена корреляция между содержанием органического фосфора и окисляемого углерода $C_{окс}$.

содержание органического фосфора в почве; связь с гумусными веществами; минерализация органического фосфора

Adresa autora:

Dr. František Pospíšil, CSc., Výzkumné ústavy rostlinné výroby, Ústav půdoznalecký, Praha-Ruzyně

**Výběr z nových přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTI
z úseku rostlinná výroba**

Uvedené publikace je možno si vypůjčit osobně i písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, Praha 2, Slezská 7. Výpůjční doba: pondělí — pátek 9—18 hod. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

Frey - Wyssling, A. — Mühlethaler, K. D 57.281
Ultrastructural plant cytology with an introduction to molecular biology. Amsterdam, Elsevier publishing comp. 1965. 377 s. — obr. tab. (Cytologie rostlin — ultrastrukturální — příručky)

E 11.266/17

Radiacionnaja biofizika i radiobiologija rastenij. Leningrad, Kolos 1969. Sbornik trudov po agronomičeskoj fizike. Vyp. 17. 150 s. — obr. tab. (Rostliny — radiobiologický výzkum — sborníky)

Mojallali, H. — Dregne, H. E. D 39.169/540
Relation of soil hydraulic conductivity to exchangeable cations and salinity. Las Cruces, New Mexico Agric. exp. station 1968. Bulletin 540. 11 s. — 3 obr. 2 tab. (Kationy — výměna — půda — voda — vodivost — vztahy — výzkum)

Golovanov, A. I. D 32.831/63
Measuring thermal conductivity of soils under laboratory conditions. Wageningen, ICW 1969. Technical bulletin 63. 71-79 s. — 5 obr. 2 tab. (Půda — tepelná vodivost — měření — výzkum)

C 13.676/43

43 Biuletyn Instytutu ochrony roślin w Poznaniu. Prace dotyczące rozwoju, nasilenia występowania i szkodliwości ważniejszych chorób i szkodników roślin uprawnych w Polsce w roku 1968 oraz prognozy ich pojawu w roku 1969. Poznań, n. vl. 1969. 330 s. tab. map. (Fytopatologická prognosa — Polsko — 1969 / Ochrana rostlin — Polsko — ročenky)

Andrejev, S. V. — Martens, B. K. — Molčanova, V. A. E 33.779
Biofizičeskije metody v zaščite rastenij ot vreditel'ej i boleznej. Leningrad, Kolos 1969. 150 s. — 44 obr. 6 tab. (Fytopatologické výzkumnictví — metody — biofyzikální — příručky)

Biliotti, E. C 18.474/98
Les limites des méthodes traditionnelles de lutte biologique. B. m. FAO (1969). Proceedings of the FAO symposium on integrated pest control 1. S. 64-74. — 2 obr. (Biologický boj — ochrana rostlin — metody — Francie)

SORPCE FOSFÁTŮ PŮDNÍ JÍLOVOU FRAKCI

O. HUDCOVÁ, B. KOVÁŘOVÁ

HUDCOVÁ O., KOVÁŘOVÁ B. (Research Institutes for Crop Production, Institute of Soil Science, Praha-Ruzyně). *The Sorption of Phosphates by the Soil Clay Fraction*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 467-474, 1970.

Investigated was the course and the volume of the sorption of phosphate ions by the clay fractions (particles smaller than 0.001 mm) obtained from the principal genetic horizons of the most important soil representatives (chernozem, gray-brown podzolic soil, illimerized soil, pseudogley soil, acid brown forest soil, and podzolic soil). The dependence of the sorption of phosphates in the case of low concentrations (up to 5 mg P_2O_5) can be expressed by means of Freundlich and Langmuir's adsorption isotherm, which indicates a comparatively simple course of the processes of sorption. In the range of higher concentrations there occurs a more violent increase of sorption, and the character of the sorption processes changes obviously in consequence of the fact that the actual sorption of phosphate anions is accompanied by further processes. Between the soils there were no marked differences, which is caused by their comparatively similar mineralogical composition, so that the influence of the different mineralogically defined clay minerals on the sorption of phosphates is relegated considerably to the background.

sorption of phosphorus; soil clay fraction

Účast jílových minerálů na poutání aniontů kyseliny fosforečné byla již dávno prokázána v řadě prací, ale přesto za hlavní fixátory fosfátů v půdách bývají označovány především nesilikátové formy seskvioxidů, v neutrálních a alkalických půdách ionty vápníku. I když zvláště amorfni formy seskvioxidů mohou fosfor sorbovat mnohonásobně více než jílové minerály, přesto jejich podíl na těchto procesech může být nesrovnatelně menší než podíl jílových minerálů vzhledem k tomu, že jejich obsah ve většině půd bývá velmi nízký (kolem 1 %). Lze se domnívat, že v tomto směru náleží jílovým minerálům významná úloha vzhledem k tomu, že jílové minerály tvoří hlavní složku vysoko-disperzního podílu většiny půd.

Jílové minerály mohou upoutávat fosforečnanové anionty fyzikální adsorpcí prostřednictvím výměnných kationtů, substitucí OH^- iontů náhradou tetraedrů SiO_4 a vazbou s hliníkem a železem krystalové mřížky.

Poněvadž půdní jílové minerály mohou mít odlišné vlastnosti než jílové minerály z ložisek, je nutno věnovat pozornost při studiu sorpce fosfátů nejen „čistým“ jílovým minerálům, ale i minerálům, které se v půdách skutečně vyskytují.

Cílem práce bylo zjistit průběh a velikost sorpce fosfátů v závislosti na rovnovážné koncentraci jílů, separovanými ze zemin jednotlivých horizontů šesti našich hlavních genetických půdních představitelů. Na rozdíl od podobných prací zabývajících se převážně sorpcí fosfátů při nízkých koncentracích, byla věnována zvýšená pozornost i jejich sorpci při značně vysokých koncentracích, které mohou, i když jen lokálně, vzniknout v půdě při použití průmyslových hnojiv.

MATERIÁL A METODY

Pro experimenty byla použita frakce částic menších než 0,001 mm, izolovaná podle metodiky Gorbunova (1960) z hlavních genetických horizontů nejdůležitějších půdních představitelů (černozem, hnědozem, illimerizovaná půda, oglejená půda, hnědá půda kyselá, podzolovaná půda), jejíž charakteristika a základní analytické údaje jsou uvedeny v předchozí práci (Hudcová 1969).

Jílová frakce byla charakterizována rentgenovou difrací, elektronovou mikroskopií a chemickými rozbory.

Pro rentgenografické rozbory byly přidány k 1 ml zahuštěné suspenze vzorku 0,2 ml 10 % glycerinu v alkoholu a suspenze byla nanášena na sklíčko a ponechána odpařit při teplotě místnosti. Ze získaného orientovaného preparátu byly získány rentgenové difraktogramy na rentgenovém difraktometru Mikrometa II s goniometrem za použití záření Cu K α . Pro zachycení sekundárního záření byl umístěn před počítač chromový filtr.

METODIKA VLASTNÍ EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

K navážce 0,1 g suchého rozetřené vzorku H-jílu bylo přidáno množství roztoku KH₂PO₄ odpovídající 0,5-1,0-2,5-3,5-5,0-10,0-100,0-200,0 mg P₂O₅. Jednotlivé vzorky byly doplněny destilovanou vodou na 50 ml, 1 hodinu třepány a po odstředění při 14000 ot./min. byla v čirém roztoku stanovena rovnovážná koncentrace P₂O₅.

Rovnovážná koncentrace fosfátů byla stanovena kolorimetricky jako kyselina molybdenovanadičnofosforečná, neboť se jednalo o poměrně široký rozsah koncentrací.

U variant, kde bylo použito přídatku 100 mg P₂O₅ a více, byla před vlastním stanovením fosforu odstraněna kyselina křemičitá odkouřením pomocí HCl.

VÝSLEDKY

V grafu na obr. č. 1 jsou uvedeny Freundlichovy adsorpční izotermy půdních jílových frakcí při nízkých rovnovážných koncentracích. Z nich je zřejmý nejmenší vzestup sorpce s koncentrací u vzorků z černozemě, hnědozemě, eluviálního horizontu illimerizované půdy, humusových horizontů oglejené a podzolové půdy a horizontu Ig oglejené půdy. Naopak nejstrmější jsou křivky u vzorků z hnědé půdy. Anomální průběh byl zjištěn v humusovém horizontu illimerizované půdy, kde sorpce lineárně stoupá s koncentrací.

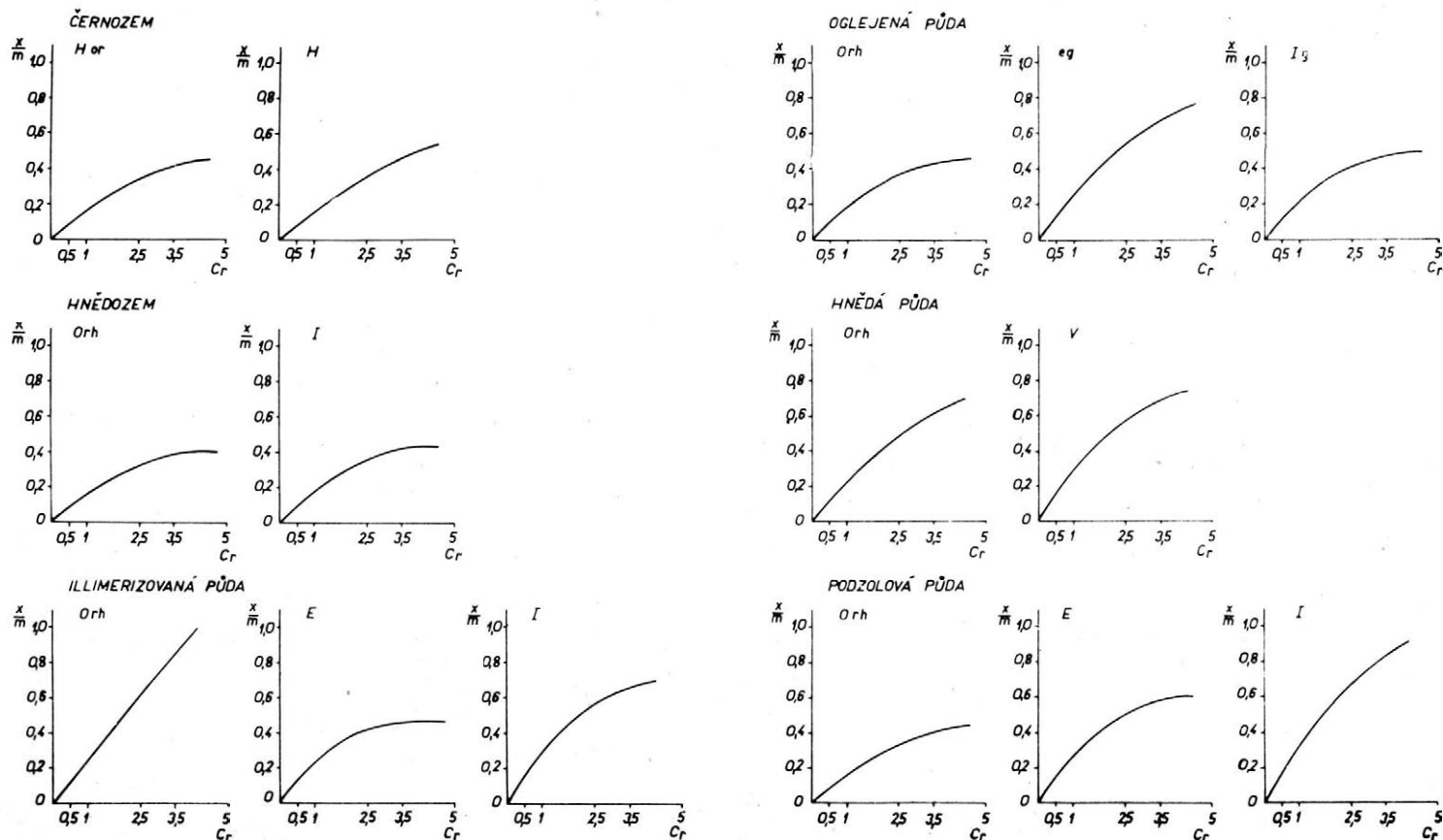
Průběh sorpce při vysokých koncentracích (graf č. 2) je u všech vzorků půdních jílu velmi podobný a rovněž tak i hodnoty sorpce dosažené při nejvyšších koncentracích jsou si velmi blízké.

Z Langmuirovy rovnice byla vypočtena konstanta k , závisající na volné energii adsorpčního pochodu, a adsorpční maximum b , které jsou uvedeny v tabulce III v relativních hodnotách. Největší adsorpční maxima byla zjištěna u vzorků z horizontů Orh a I illimerizované půdy, horizontu Orh oglejené půdy a horizontu I podzolové půdy. Naproti tomu vzorky z horizontu I hnědozemě a horizontu E illimerizované půdy mají tyto hodnoty nejnižší a nejvyšší konstanty k . Značně vysoké jsou i konstanty k u vzorků z iluviálních horizontů illimerizované a oglejené půdy a horizontu V hnědé půdy.

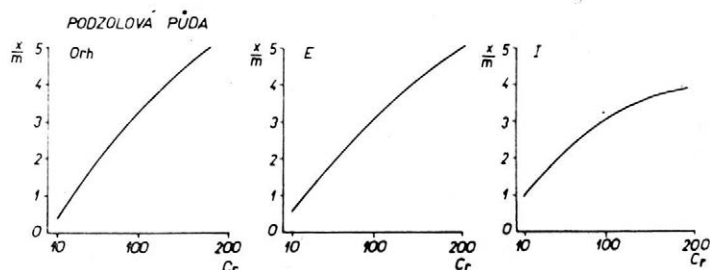
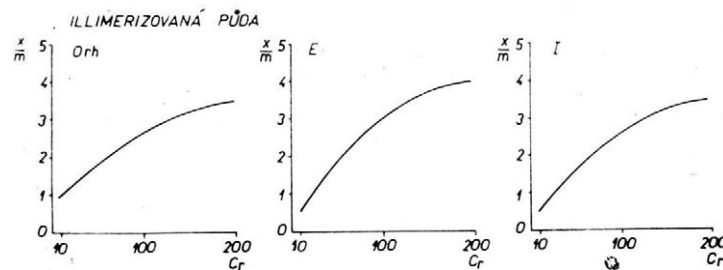
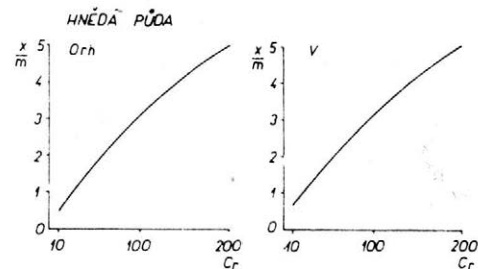
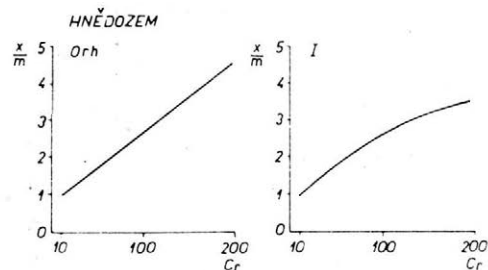
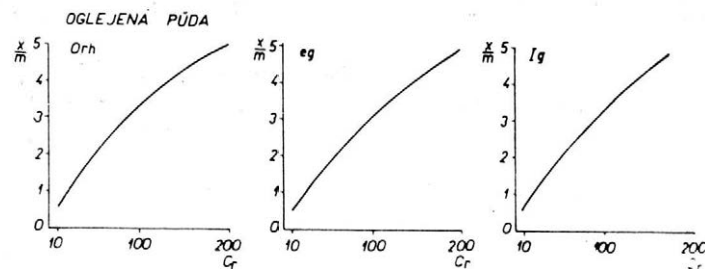
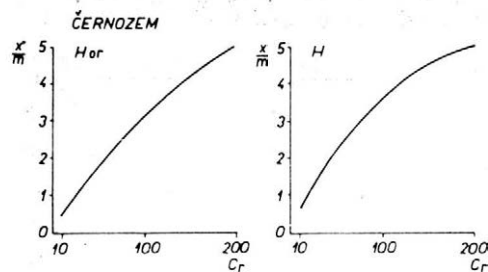
DISKUSE

Závislost sorpce fosfátů polyminerálními půdními jíly na koncentraci lze vyjádřit pomocí Freundlichovy i Langmuirovy adsorpční izotermy, což svědčí o poměrně jednoduchém průběhu procesů sorpce.

Experimentální výsledky ukazují, že základní charakter sorpčních křivek při nízkých a zvláště vysokých rovnovážných koncentracích jílových frakcí studo-



1. Průběh sorpce P_2O_5 v závislosti na rovnovážné koncentraci v oblasti nízkých koncentrací. H — jíly. x/m — množství sorbovaného P_2O_5 v mg na 0,1 g jílu. — The course of the sorption of P_2O_5 in dependence on a balance concentration in the sphere of low concentrations. H-clays, x/m — amount of absorbed P_2O_5 in mg per 0.1 g of clay



2. Průběh sorpce P_2O_5 v závislosti na rovnovážné koncentraci v oblasti vysokých koncentrací. H-jíly. x/m — množství sorbovaného P_2O_5 v mg na 0,1 g jílu. — The course of the sorption of P_2O_5 in dependence on an equal concentration in the sphere of high concentrations. H-clays, x/m — amount of absorbed P_2O_5 in mg per 0.1 g of clay

Lokalita a označení půdy	Horizont	Mineralogické složení jílové frakce
Brázdím černozezem na spraši	OrH	I — IM > K — M Q — Ž
	H	I — IM > M > K Q — Ž
Střemy hnědozem na spraši	Orh	I > K > IM — ICH(?) (CH) Q — Ž
	I	I — IM — M > K > CH Q — Ž
Turnov illimerizovaná p. na sprašové hlíně	Orh	I — IM > M > K — (CH) Q
	E	I — IM > K > M — (CH) Q — Ž
	I	I — IM — M > K — (CH) Q
Prostřední Lipka oglejená půda na sprašovém pokryvu	Orh	I — IM — K > CH — ICH Q — Ž
	cg	I — IM — K > M — CH — ICH Q — Ž(L)?
	Ig	I — IM — M > K — CH — ICH Q — Ž — G
Červený Potok hnědá půda kyselá na deluviu orthoruly	Orh	I — K > IM — (IV?) — M — — V? > CH Q — Ž
	V	I — K > IM — CH — ICH > > M — V Q — Ž
Bartošovice podzolovaná půda na deluviu orthoruly	Orh	I — IM — K > CH — V Q — Ž
	E	IM — V? — I — K > (CH) Q — Ž
	I	ICH — K — V? > I — CH Q — Ž

I — illit, K — kaolinit, M — montmorillonit, CH — chlorit, V — vermikulit, IM, ICH, IV — smíšené struktury, Q — křemen, Ž — živec, G — goethit, L — lepidokrokit.

vaných půd je podobný a že rozdíly jsou spíše rázu kvantitativního než kvalitativního. V důsledku toho, že půdní jílová frakce nejeví extrémní rozdíly ve svém mineralogickém složení, které je určováno především výskytem jílových slíd, je sice vytvářena jistá proměnlivost vlastností jílové frakce, avšak ne zásadní kvalitativní změny, které by mohly pronikavým způsobem ovlivnit průběh sorpčních procesů. Podobnost křivek znázorňujících průběh sorpce jílovými frakcemi při vysokých koncentracích je možné vysvětlit tím, že i když ve vzorcích převládá illit, uplatňují se při těchto koncentracích ve zvýšené míře i další složky jílové frakce.

U jílových frakcí, poněvadž se jedná o H-Al jily, stoupá značně sorpce se vzrůstem koncentrace fosfátů již i při nižších koncentracích zřejmě v důsledku

II. Výsledky chemických rozborů půdní jílové frakce. — The results of chemical analyses of soil clay fractions

Vzorek	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	Ztráta žiháním %	Hygro- skopická voda %
ČM — OrH	56,88	22,20	12,80	14,12	5,71
H	56,32	22,20	13,11	15,25	6,12
HM — Orh	60,54	20,80	11,20	13,26	5,33
I	57,52	21,20	12,00	13,62	4,42
IP — Orh	53,46	21,00	9,46	10,19	2,84
E	57,72	27,40	11,52	8,66	4,68
I	52,64	20,00	10,64	8,80	6,78
OG — Orh	56,16	21,00	6,60	21,50	0,22
eg	54,48	9,00	7,50	14,30	0,93
Ig	55,02	18,75	7,60	13,40	2,75
HP — Orh	50,29	32,59	11,50	7,24	4,17
V	53,34	36,48	11,22	4,31	4,02
PZ — Orh	52,87	26,25	8,75	36,10	3,08
E	54,30	28,01	6,00	18,75	1,61
I	47,27	29,61	10,42	25,80	2,27

intenzivní sorpce prostřednictvím iontů hliníku, které jsou na povrchu minerálů (Kittrick, Jackson 1955).

Je zajímavé, že při srovnání průběhu závislosti sorpce na jejich koncentraci u čistých jílů (Hudcová 1969) a půdních jílových frakcí vidíme, že přestože u většiny půdních vzorků převažují illitické minerály, průběh sorpce i její velikost při nízkých koncentracích odpovídá spíše kaolinitu a montmorillonitu. Naproti tomu vypočtená adsorpční maxima leží většinou mezi adsorpčním maximem kaolinitu (2 248,55) a illitu (1 118,19), přičemž se častěji blíží hodnotě zjištěné pro kaolinit.

Prudký vzestup sorpce fosfátů jednotlivými vzorky při vysokých rovnovážných koncentracích je možné vysvětlit tím, že k vlastní sorpci fosfátových aniontů se připojují další procesy. Low a Black (1950), Perkins aj. (1955) předpokládají, že při vyšších koncentracích fosfátů může docházet k rozkladu některých jílových minerálů a ke vzniku aluminiumfosfátu srážením uvolněnými

III. Langmuirovy konstanty k a b . — Langmuir's constants k and b

Vzorek	Konstanta k	Adsorpční max. b
ČM — Orh H	0,00056	1 851,85
	0,00069	1 785,71
HM — Orh I	0,00079	1 298,70
	0,00187	847,46
IP — Orh E I	0,00002	22 222,22
	0,00340	714,30
	0,00114	3 030,30
OG — Orh cg Ig	0,00038	3 030,30
	0,00011	1 886,79
	0,00151	1 219,51
HP — Orh V	0,00040	1 666,67
	0,00130	1 785,71
PZ — Orh E I	0,00040	2 380,95
	0,00097	1 754,39
	0,00025	7 692,31

hlinitými ionty. Při nižších koncentracích fosfátu se uplatňuje naopak převážně výměna za OH^- ionty. Tento předpoklad potvrzují i námi provedené pokusy s kaolinitem a montmorillonitem s vlivem doby kontaktu (H u d c o v á 1968), kde pomalé ustanovování rovnováhy při vysokých koncentracích fosfátu svědčí o tom, že probíhají jiné procesy než sorpce, při níž se ustavuje rovnováha poměrně značně rychle.

Na základě provedených experimentů lze tvrdit, že u sledovaných jílových frakcí vzhledem k jejich poměrně blízkému polyminerálnímu složení ustupuje většinou vliv jednotlivých mineralogicky definovaných jílových minerálů na sorpci fosfátů značně do pozadí. Kromě toho nutno vzít v úvahu, že vlastnosti jednotlivých definovaných jílových minerálů v půdě mohou se pohybovat v daleko širším rozmezí, než jak je tomu u čistých jílových minerálů z ložisek.

Z praktického hlediska má svůj význam poznatek, že půdní jílové minerály mohou poutat značné množství fosfátových iontů, a to zvláště z koncentrovaných roztoků. V důsledku toho je zabráněno nejen vyplavování fosfátů z půdy, ale i omezena jejich pohyblivost, což nutno vzít v úvahu zvláště při používání granulovaných hnojiv.

Literatura

- GORBUNOV N. I., 1960, Metodika podgotovki počv, gruntov, vzvesej rek i osadkov morej k mineralogičeskemu analizu. Počvovedeniye 11 : 79—84.
- HUDCOVÁ O., 1968, Poutání fosforu jílovými minerály (montmorillonit, kaolinit). I. Vliv koncentrace roztoku fosfátu a doby trvání kontaktu. Rostlinná výroba 13, 7 : 679—686.
- , 1969, Výzkum sorpce fosforu minerálními vysokodispersními složkami půdy. Kand. dis. práce, Praha, 1968.
- HUDCOVÁ O., KOVÁŘOVÁ B., 1969, The sorption of phosphorus by clay minerals. III. The influence of the removal of certain components from the soil clay fraction. Rostlinná výroba 15, 11-12 : 1065-1073.
- KITTRICK J. A., JACKSON M. L., 1955, Rate of phosphate reactions with soil minerals and electron microscope observations on the reaction mechanism. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 : 292—295.
- LOW P. F., BLACK C. A., 1947, Phosphate-induced decomposition of kaolinite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12 : 180—184.
- , 1950, Reactions of phosphate with kaolinite. Soil Sci. 70 : 273—290.
- PERKINS A. T., DRAGSDORF R. D., LIPPINCOTT E. R., SELBY J., FATELEY W. G., 1955, Products of clay mineral decomposition as related to phosphate fixation. Soil Sci. 80 : 109—120.

Došlo dne 7. 1. 1970

HUDCOVÁ O., KOVÁŘOVÁ B. *Sorpce fosfátů půdní jílovou frakcí*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 467-474, 1970.

Byl studován průběh a velikost sorpce fosfátových iontů jílovou frakcí (částice menší než 0,001 mm) získanou z hlavních genetických horizontů nejdůležitějších půdních představitelů (černozem, hnědozem, illimerizovaná půda, oglejená půda, hnědá půda kyselá a podzolová). Závislost sorpce fosfátů při nízkých koncentracích (do 5 mg P_2O_5) lze vyjádřit pomocí Freundlichovy a Langmuirovy adsorpční izotermy, což svědčí o poměrně jednoduchém průběhu procesů sorpce. V oboru vyšších koncentrací dochází k prudšímu vzestupu sorpce, mění se charakter procesů sorpce zřejmě v důsledku toho, že k vlastní sorpci fosfátových aniontů se připojují další procesy. Mezi půdami nebyly výrazné rozdíly, což je způsobeno jejich poměrně blízkým mineralogickým složením, takže vliv jednotlivých mineralogicky definovaných jílových minerálů na sorpci fosfátů ustupuje značně do pozadí.

sorpce fosforu; půdní jílová frakce

ГУДЦОВА О., КОВАРЖОВА Б. (Научно-исследовательские институты растениеводства, Институт почвоведения, Прага-Рузyně). Сорбция фосфатов почвенной илстой фракцией. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 467-474, 1970.

В данной статье изучались процесс и размер сорбции фосфатных ионов илстой фракцией (частицы менее 0,001 мм), полученной из основных генетических горизонтов наиболее важных почвенных представителей (чернозем, бурозем, илмеризованная почва, оглеенная почва, бурая почва кислая и подзолистая). Зависимость сорбции фосфатов при низких концентрациях (до 5 мг P_2O_5) можно выразить при помощи адсорбционной изотермы Фрейндлиха и Лангмюра, что свидетельствует о сравнительно простом процессе сорбции. В области повышенных концентраций происходит резкое увеличение сорбции; очевидно, характер процессов сорбции меняется потому, что к собственной сорбции фосфатных анионов присоединяются другие процессы. Среди почв не было существенных различий, что вызвано их сравнительно близким минералогическим составом, так что влияние отдельных минералогически определенных илстых минералов на сорбцию фосфатов значительно отстает.

сорбция фосфора; почвенная илстая фракция

Adresa autorek:

Ing. Olga Hudcová, CSc., Božena Kovářová, Výzkumné ústavy rostliné výroby, Ústav půdoznalecký, Praha-Ruzyně

VLIV IZOLOVANÉHO PŮSOBNÍ ORGANICKÉHO A MINERÁLNÍHO HNOJENÍ NA OBSAH A FORMY FOSFORU V PŮDĚ

Z. KADAŇKOVÁ

KADAŇKOVÁ Z. (Research Institutes for Crop Production, Institute of Plant Nutrition, Praha). *The Influence of the Isolated Acting of Organic and Mineral Fertilization on the Content and Form of Phosphorus in the Soil*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 475-480, 1970.

Investigated were the total content of phosphorus, the content of organically bonded phosphorus, the content of 4 fractions of anorganic phosphates, and the content of available phosphorus by means of two extraction methods in variants of a non-vegetation parcel experiment with application of equivalent doses of NPK nutrients in the form of either organic or mineral fertilization. The doses were worked in, on the one hand, to a depth of 10 cm, and, on the other hand, double doses were worked in to a depth of 20 cm. In the control parcels equivalent agrotechnical measures were applied (hoeing to depths of 10 and 20 cm, and no hoeing at all). The total P content was increased more strongly by organic fertilizing in the case of a deep working in and by mineral fertilizing in the case of working in only in the topsoil. The content of organically bound P decreased in all variants of fertilization, with the exception of the variant with deep working in of higher doses of organic fertilizers, in which case it increased markedly. Mineral fertilization strongly increased the content of the Al- and Fe fraction of anorganic phosphates, organic fertilization increased the content of the fraction of slightly bound phosphates and less so of Al- and Ca- fractions. The content of available phosphorus increased in all fertilized variants in dependence on the type of fertilization and on the applied extraction method.

organic and mineral fertilization; phosphoric fertilizers; fractions of anorganic phosphates; organically bound phosphorus; available phosphorus

Porovnávání vlivu organického a minerálního hnojení na půdní vlastnosti je námětem řady prací domácích i zahraničních (Strnad 1967, Škarda 1967, Ansoerge 1965, Bugajev a Osipova 1966, Giedrojč 1962 atd.). Tato sledování bývají prováděna v rámci polních výživářských pokusů, při nichž dávky průmyslových hnojiv jsou limitovány fyziologickou potřebou pěstovaných plodin a dávky organických hnojiv celkovou výrobou. Změny půdních vlastností za těchto podmínek jsou často těžko postižitelné.

Ve snaze po zvýraznění těchto změn pro porovnání vlivu obou typů hnojení na půdu byl v Praze-Ruzyni založen dlouhodobý parcelkový nevegetační pokus s každoročně opakovanými vysokými dávkami hnojiv. Změny některých biologických a chemických vlastností půdy v podmínkách tohoto pokusu po jeho desetiletém trvání zhodnotili Apfelthaler a Novák (1969). Vzhledem k extrémním pokusným podmínkám bylo možno předpokládat, že vliv obou typů hnojení se projeví i změnami v obsahu a formách půdního fosforu. Proto jsme na týchž půdních vzorcích jako citovaní autoři provedli potřebné rozborů pro zjištění těchto změn.

MATERIÁL A METODY

Sledovaný pokus, podrobně popsáný v práci Apfelthaler a Nováka (1969), měl tyto varianty:

- I. Dávka kompostu 800 q/ha každoročně zapravena do hloubky 10 cm.
- II. Dávka kompostu 1600 q/ha každoročně zapravena do hloubky 20 cm.
- III. Dávka hnojiv NPK ekvivalentní obsahu těchto živin v dávce kompostu 800 q/ha každoročně zapravena do hloubky 10 cm.
- IV. Dávka hnojiv NPK ekvivalentní obsahu těchto živin v dávce kompostu 1600 q/ha zapravena každoročně do hloubky 20 cm.
- V. Nehnojeno, parcela každoročně překopána do hloubky 10 cm.
- VI. Nehnojeno, parcela každoročně překopána do hloubky 20 cm.
- VII. Nehnojeno, nepřekopáno.

Parcely byly udržovány bez porostu jako černý úhor. Půdní vzorky byly odbírány z vrstvy 0–20 cm a rozborů jsme prováděli z materiálu na vzduchu sušeného po rozdrcení a prosátí sítlem o velikosti ok 2 mm.

Celkový obsah fosforu a obsah anorganický i organický vázaných fosfátů jsme stanovili podle Mehty et al. (1954) a pro kontrolu též obsah fosforu v extraktu 20% roztokem HCl. Frakcionaci anorganických fosfátů jsme prováděli podle Changa a Jacksona (1957) s úpravou podle Fifea (1963) a omezili jsme se na vyhodnocení prvních 4 frakcí. Přístupný fosfor jsme sledovali extrakční metodou podle Braye a Kurtze I (0,03N NH_4F + 0,025N HCl) a metodou Morganovou (10% roztokem $\text{NH}_4\text{-octanu}$ o pH 4,8) (Jackson 1958). Analytické stanovení obsahu P jsme ve všech případech prováděli kolorimetricky měřením intenzity zabarvení žlutého komplexu vanadáto-molybdáto-fosfátového při vlnové délce 440 nm (Jackson 1958, Hraško 1962). Pokud analyzované extrakty byly zakaleny nebo zabarveny, byly čištěny filtrací přes karborafin.

Pro dokreslení situace uvádíme hodnoty pH aktivního v suspenzi 1:10, měřené na kompenzačním pH-metru s použitím skleněné elektrody, a hodnoty obsahu CaO v extraktech 20% roztokem HCl, stanovené komplexometricky. Z práce Apfelthaler a Novák (1969) jsou převzaty údaje o obsahu uhlíku (C_{ox}). Všechna stanovení byla prováděna ve 3 paralelách a v přehledu výsledků jsou uvedeny průměrné hodnoty.

VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

Vliv organického i minerálního hnojení na obsah a formy fosforu v půdě se projevil za sledovaných pokusných podmínek velmi zřetelně (tabulka I).

Celkový obsah fosforu: Nižší dávkou organického hnojení se jeho obsah zvýšil o 68 %, vyšší dávkou o 189 %, zatímco minerální hnojení jej při nižší dávce zvýšilo o 90 % a při vyšší dávce o 133 % ve srovnání s hodnotami z nehnojených parcel se stejnými agrotechnickými zásahy. Třebaže zjištěné změny nejsou úměrné aplikovaným dávkám, projevuje se zde odlišný vliv hloubky zapravení u obou typů hnojení. U minerálního hnojení dochází při hlubším zapravení pravděpodobně k pohybu fosforu do nižších půdních horizontů (Petříčková 1966), jež podporuje i nízká hodnota pH zkoumaného horizontu (Lindsay a Moreno 1960). Organickým hnojením se zvyšuje hodnota pH i celkový obsah CaO u obou takto hnojených variant, ale pouze hlouběji zapravená organická hmota (varianta II) zabraňuje migraci přinášeného fosforu.

Organicky vázaný fosfor: Značný pokles obsahu této formy fosforu jsme zajistili u obou typů hnojení při mělkém zapravení nižší dávky hnojiv (varianty I a III), což lze v souladu s údaji Giedrojce (1962), Owssii et al. (1966) a Šajmuchametova (1967) vysvětlit zvýšenou mineralizací organických sloučenin fosforu v důsledku zvýšené aktivity půdní mikroflóry přídatkem hnojiv v jakékoli formě. Zvýšená mineralizace probíhá

I. Vliv organického i minerálního hnojení na obsah a formy fosforu v půdě. — The influence of organic and mineral fertilizing on the content and form of phosphorus in the soil

Varianta	P ₂ O ₅ v mg/100 g									CaO v %	C v %	pH
	celk. 20% HCl	celk.	organ.	l-frak.	Al-frak.	Fe-frak.	Ca-frak.	extrahovaný				
								B. K. I	Morgan			
I	232,9	246,4	13,4	22,7	48,8	27,2	69,8	39,80	59,60	1,34	2,10	7,64
II	422,0	425,4	103,9	88,5	86,9	28,4	95,0	71,90	161,00	1,38	2,96	7,50
III	287,0	278,0	9,5	6,9	112,4	45,8	41,4	99,95	24,85	0,80	1,16	4,48
IV	348,5	344,9	26,8	13,6	163,3	45,7	46,2	139,59	33,25	0,46	1,16	4,34
V	162,9	146,0	42,8	—	—	—	—	16,45	15,80	0,78	1,15	7,12
VI	148,6	147,3	33,9	—	—	—	—	12,02	17,70	0,82	1,19	7,28
VII	140,0	134,4	35,9	1,9	16,5	19,6	44,6	10,74	14,30	0,78	1,30	7,20

především v poréznější a lépe provzdušňované svrchní vrstvě, o čemž současně svědčí též nejen význačné zvýšení obsahu organicky vázaného fosforu, ale i nejvyšší obsah uhlíku C_{ox} při vyšší dávce organického hnojení, zapravené do hlubšího horizontu (varianta II). Minerální hnojení snížilo obsah organického fosforu i při hlubším zapravení, třebaže méně výrazně.

Frakce anorganicky vázaného fosforu: Zastoupení jednotlivých frakcí ve variantě V a VI jsme nezjišťovali, neboť lze předpokládat, že pouhý agrotechnický zásah toto zastoupení neovlivní. Zvýšený obsah lehce vázaných fosfátů (extrakce 1 N NH_4Cl) ve všech hnojených variantách je v rozporu s literárními údaji a lze jej vysvětlit nevegetačními podmínkami pokusu, celkově nízkým obsahem CaO a pravděpodobně i nízkým obsahem volných sesquioxidů, zejména ve variantách organicky hnojených. Shodně s pozorováním řady autorů (Kaila 1963, Manning a Salomon 1965, Pirkla a Novozámský 1967 atd.) se minerálním hnojením zvýšil především obsah Al-frakce, méně již Fe-frakce, a organickým hnojením obsah Al-frakce a Ca-frakce. Procentické zastoupení všech frakcí při obou dávkách minerálního hnojení zůstává zhruba stále, zatímco při hnojení organickým zůstává stále pouze zastoupení Al-frakce, méně již Ca-frakce. Výrazně odlišné je zastoupení lehce vázaných fosfátů a Fe-frakce při vyšší dávce organického hnojení, které zvyšuje % lehce vázaných fosfátů dvojnásobně ve srovnání s nižší dávkou hnojení, a naopak % Fe-frakce snižuje téměř na polovinu. Vysvětlení této skutečnosti lze nalézt, obdobně jako u obsahu celkového i organického fosforu, pouze v odlišném stupni mineralizace různě hluboko zapravené organické hmoty.

Extrahovatelný, resp. přístupný fosfor: Obsah této formy fosforu je u obou použitých metod značně odlišný, třebaže u obou se vlivem obou typů hnojení značně zvýšil. O metodě Braye a Kurtze I je známo a dokázáno (Kaila 1965, Payne a Hanna 1965, Westin a Buntley 1966 atd.), že extrahuje přednostně fosfor vázaný na Al- a Fe-frakci a že s obsahem těchto frakcí je v úzké korelaci bez ohledu na pH sledovaných půd. Naše výsledky tento poznatek potvrdily velmi dobrou závislostí hodnot získaných touto metodou na součtu Al- a Fe-frakcí všech pokusných variant. Metoda Morganova je podle Kaily (1965) zkorelována u jílovitých půd s frakcí lehce vázaných fosfátů. Též tento poznatek naše výsledky potvrdily. Porovnáme-li hodnoty získané oběma metodami, jeví se pro obsah přístupného fosforu podle metody Braye a Kurtze I příznivěji obě dávky minerálního hnojení, podle metody Morganovy naopak organické hnojení, zvláště jeho vyšší dávka. Směrodatnost obou metod v tomto případě by mohl rozhodnout pouze vegetační pokus.

Z výsledků všech rozborů vyplývá, že použitím obou typů hnojení se ovlivňuje obsah i formy půdního fosforu, přičemž u minerálního hnojení je příznivější zapravení do povrchové vrstvy, u organického hnojení zapravení hlubší.

Literatura

- ANSORGE H., 1965, Nutrient uptake and nutrient balances in „static fertilizer trial“ at Lauchstadt after a period of 60 years. 2. Phosphorus. A. Thaer-Arch., 9 : 631—650.
- APFELTHALER R., NOVÁK B., 1969, Změny některých biologických a chemických vlastností půdy vlivem izolovaného působení organických a minerálních hnojiv. Rostl. výroba 15, 2 : 157-162.

- BUGAJEV V. P., OSIPOVA Z. M., 1966, Vlivy mineralnych udobrenij i navoza na agrochimičeskije svojstva počv i vynos pitatelnych elementov urožajem v mnogaletněm opytě. *Agrochimija* 4: 59—70.
- CHANG S. C., JACKSON M. L., 1957, Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84: 133—144.
- FIFE C. V., 1963, An evaluation of NH_4F as a selective extractant for Al-bound soil phosphate. IV. *Soil Sci.* 96: 112—118.
- GIEDROJC B., 1962, Vliv hnojení chlévskou mrvou na dynamiku některých vlastností písčité půdy. *Zesz. Nauk. WSR Wrocław* 15: 101—107.
- HRAŠKO J., et al., 1962, Rozbory pôd. SV PL, Bratislava.
- JACKSON M. L., 1958, Soil chemical analysis. Prentice Hall, INC, N. Jersey.
- KAILA A., 1963, Fertilizer phosphorus in various fractions of soil phosphorus. *The Journ. of the Scientif. Agric. Soc. of Finland* 35: 36—46.
- , 1965, Some phosphorus test values and fractions of inorganic phosphorus in soils. *Maataloust. Aikakausk* 37: 175—185.
- LINDSAY W. L., MORENO E. C., 1960, Phosphate phase equilibria in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24: 177—182.
- MANNING P. B., SALOMON M., 1965, Forms of phosphorus in soil after long-continued fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29: 421—424.
- MEHTA N. C. et al., 1954, Determination of organic phosphorus in soils: I. Extraction method. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18: 443—449.
- OWSSIA A. J. et al., 1966, Die Wirkung einer 30-jährigen Mineral- und Stallmistdüngung auf den Phosphorsäure-Bindungszustand eines Filderlehm-bodens. *Zeit. f. Pflanz. Dün. u. Boden.* 113: 159—169.
- PAYNE H., HANNA W. J., 1965, Correlation among soil phosphorus fractions, extractable phosphorus and plant content of phosphorus. *Journ. Agric. Food Chem.* 13: 322—326.
- PETŘICKOVÁ N., 1966, Vliv klimatických podmínek na zásobu přístupné P_2O_5 v půdě při vysokých dávkách hnojiv. *Rostlinná výroba* 12,4: 433—440.
- PIRKL J., NOVOZÁMSKÝ I., 1967, Reakce fosforečných hnojiv s půdou. *Rostlinná výroba* 13,3: 225—240.
- STRNAD P., 1967, Vliv dlouhodobého intenzivního hnojení na výrobnost osevního postupu a agrochemické půdní vlastnosti. *Rostlinná výroba* 13,4: 465—475.
- ŠALMUCHAMETOV M. Š., 1967, Vlivy dlitělnogo primeněniya udobrenij na grupovyj sostav mineralnych fosfatov dernogo-podzolistoj počvy. *Dokl. TSCHA* 131: 155—161.
- ŠKARDA M., 1967, Vliv dlouhodobého hnojení na obsah přístupného fosforu a jeho bilanci v půdě. *Rostl. výr.* 13,4: 447—490.
- WESTIN F. C., BUNTLEY G. J., 1966, Soil phosphorus in South Dakota: II. Comparison of two availability tests with inorganic phosphorus fractions among soil series. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 248—253.

Došlo dne 27. 5. 1969

KADAŇKOVÁ Z. *Vliv izolovaného působení organického a minerálního hnojení na obsah a formy fosforu v půdě*. *Rostlinná výroba* (Praha) 16 (5): 475—480, 1970.

Byl sledován celkový obsah fosforu, obsah organicky vázaného fosforu, obsah 4 frakcí anorganických fosfátů a obsah přístupného fosforu dvěma extrakčními metodami na variantách parcelového nevegetačního pokusu, při němž byly aplikovány ekvivalentní dávky NPK živin ve formě buď organického, nebo minerálního hnojení. Dávky byly zapravovány jednak do hloubky 10 cm, jednak jejich dvojnásobná množství do hloubky 20 cm. Na kontrolních parcelách byly provedeny ekvivalentní agrotechnické zásahy (překopání do hloubky 10 cm, 20 cm a nepřekopání). Celkový obsah P se organickým hnojením více zvýšil při hlubším zapravení, minerálním hnojením při zapravení do povrchové vrstvy. Obsah organicky vázaného P se snížil ve všech variantách hnojených, s výjimkou varianty s hlubším zapravením vyšší dávky organických hnojiv, kde se naopak výrazně zvýšil. Minerálním hnojením silně vzrostl obsah Al- a Fe-frakce anorganických fosfátů, organickým hnojením obsah frakce fosfátů lehce vázaných a méně Al- a Ca-frakce. Obsah přístupného fosforu se zvýšil na všech hnojených variantách v závislosti na typu hnojení a použité extrakční metodě.

organické a minerální hnojení; fosforečná hnojiva; frakce anorganických fosfátů; organicky vázaný fosfor; přístupný fosfor

КАДАНЬКОВА З. (Научно-исследовательские институты растениеводства, Институт питания растений, Прага). Влияние изолированного действия органического и минерального удобрения на содержание и формы фосфора в почве. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 475-480, 1970.

Изучалось общее содержание фосфора, содержание органически связанного фосфора, содержание 4 фракций неорганических фосфатов и содержание доступного фосфора при помощи двух экстракционных методов на вариантах деляночно невегетативного опыта, при котором вносились эквивалентные дозы NPK питательных веществ в виде органического или минерального удобрения. Дозы вносились как на глубину 10 см, так и их двухкратное количество на глубину 20 см. На контрольных делянках были проведены эквивалентные агротехнические приемы (взрыто до глубины 10 см, 20 см и без вспашки). Общее содержание Р при помощи органического удобрения повысилось больше при более глубокой заделке, при минеральном удобрении — при заделке в поверхностные слои. Содержание органически связанного фосфора понизилось во всех удобренных вариантах, за исключением варианта с более глубокой заделкой повышенных доз органических удобрений, где оно, наоборот, резко повысилось. Минеральное удобрение резко повысило содержание Al, Fe-фракций неорганических фосфатов, органическое удобрение — содержание фракции фосфатов, слегка связанных и меньше Al и Ca-фракций. Содержание доступного фосфора повышалось на всех удобренных вариантах в зависимости от типа удобрения и примененного экстракционного метода.

органическое и минеральное удобрение; фосфорные удобрения; фракции неорганических фосфатов; органически связанный фосфор; доступный фосфор

Adresa autorky:

Ing. Zdenka K a d a ň k o v á, VÚRV, Ústav výživy rostlin, Laboratoř využití odpadů, Praha 1, Jílská 16

AGRONOMICKÉ ASPEKTY POUŽÍVÁNÍ ELEKTRÁRENSKÝCH POPÍLKŮ

IV. VLIV ELEKTRÁRENSKÉHO POPÍLKU NA EXTRAHOVATELNOST FOSFORU Z PŮDY

Z. KADAŇKOVÁ

KADAŇKOVÁ Z. (Institute of Plant Nutrition, Laboratory for the Use of Waste Materials, Prague). *Agronomic Aspects of the Use of Power-Plant Ashes. IV. The Effect of Power-Plant Ash on the Extractability of Phosphorus from Soil.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 481-492, 1970.

In the course of incubation in systems containing 0, 10, 20, and 100 % of ash and a corresponding amount of soil with additions of 0, 50, and 100 mg of P_2O_5 per 100 g, the extractability of phosphorus was examined according to two methods of the determination of physiologically available phosphorus. At the beginning and at the end of incubation the proportions of inorganic phosphate fractions were determined in selected variants in which, after incubation, extractability of phosphorus was also examined by means of triple successive extraction with 1 M solution of NH_4Cl and 0.01 M solution of $CaCl_2$ and H_2O (dist.) Due to the effect of ash at the beginning of incubation, the extractability of phosphorus raised at all levels of the additions of phosphate, when both the former and latter methods were used. In the course of incubation and at the end of this period an increase occurred, particularly due to the effect of the addition of 50 mg of $P_2O_5/100$ g. In successive extractions with water and 0.01 M $CaCl_2$ from variants with the highest addition of P_2O_5 , the highest extractability was found after incubation in the variant with 10 % of ash, and in the extraction with 1 M NH_4Cl , the extractability was highest in ash alone. A considerable portion of added phosphate remained in the fraction of readily soluble phosphates, due to the effect of ash. The bond of phosphate with ash was only partially dependent on the content of exchangeable cations.

power-plant ashes in agriculture; bond and extraction of phosphorus; methods of determination of available phosphorus

Problematika využití elektrárenského popílku v zemědělství není dosud v ČSSR uspokojivě vyřešena, třebaže jí byla věnována značná pozornost a řada pracovníků ji sledovala z nejrůznějších aspektů. Důležitou otázkou při přímé aplikaci popílku do půdy, ať již jako hnojiva, nebo jako melioračního prostředku je nejen jejich možná toxicita (Rees a Sidrak 1955, Holliday et al. 1958, Pírk a Novák 1964, Löbl 1967), ale též jejich vliv na hladinu přístupných živin v půdě (Kolář 1968). Vysokým obsahem kyslíčků železa a hliníku představují u nás produkované popílkové materiály, který se svým složením liší od většiny našich zemědělských půd. Otázka kladného či záporného působení popílků na přístupnost v půdě obsažených i hnojiv dodávaných živin se tím stává velmi naléhavou. Proto jsme se zaměřili na sledování vlivu popílku na extrahovatelnost, resp. přístupnost fosforu, neboť lze předpokládat, že právě u této živiny se ovlivnění projeví nejvýrazněji.

Předkládanou práci předcházelo několik orientačních vegetačních i nevegetačních nádobových pokusů (Löbl 1967, Kadaňková 1968). Výsledky

získané z těchto pokusů byly podkladem pro rámcové zhodnocení vlivu popílku na extrahovatelnost fosforu z půdy a na jeho přístupnost pro rostliny a staly se vodítkem pro detailnější výzkum.

MATERIÁL A METODY

Poučení výsledky orientačních pokusů, zvolili jsme pro podrobnější sledování techniku laboratorního nádobového pokusu, při němž byly směsi různě vysokých dávek popílku se zeminou a s přidávaným fosforečným hnojením inkubovány ve vlhkém termostatu po dobu 2 měsíců. Tato inkubace měla vytvořit optimální podmínky pro průběh vzájemných reakcí všech složek (P i r k l, N o v o z á m s k ý 1967). Extrahovatelnost fosforu z pokusných směsí byla během inkubace sledována ve 14 denních intervalech.

I. Schéma pokusných variant. — Diagram of experimental variants

Varianta číslo	Zemina v g	Popílek v g	Přídavek KH_2PO_4 v mg P_2O_5	H_2O v g
1	100	0	0	25
2	90	10	0	28,2
3	80	20	0	31,4
4	0	100	0	57,2
11	100	0	50	25
12	90	10	50	28,2
13	80	20	50	31,4
14	100	100	50	57,2
21	100	0	100	25
22	90	10	100	28,2
23	80	20	100	31,4
24	0	100	100	57,2

Popílek pro pokus byl odebrán z elektrostatických odlučovačů elektrárny v Opatovicích a pokusnou zeminou byla orniční vrstva ruzyňské hnědozemě. Materiály byly vysušeny na vzduchu a zemina rozetřena na velikost zrn pod 2 mm. Pokusné varianty, jejichž schéma je uvedeno v tabulce I, byly připraveny v 10 opakováních, z nichž každé bylo umístěno ve 150ml kádince. Počet opakování byl zvolen z těchto důvodů:

1. reprezentativním vzorkem pro rozborů v pravidelných časových intervalech měl být celý objem jednoho opakování, tj. veškerý materiál obsažený v jedné kádince;
2. pro záruku spolehlivosti výsledků však měly být tyto rozborů prováděny po každé paralelně ve dvou vzorcích;
3. vzorky měly být odebírány úhrnem pětikrát během pokusného období. Tímto uspořádáním jsme se vyhnuli zásahům do pokusných systémů, k nimž by nutně muselo docházet při odběru vzorků, kdyby materiál každé varianty byl umístěn pouze v jedné nádobě.

Pokus byl zahájen tím, že pokusné varianty ve všech opakováních byly zality H_2O dest., resp. roztoky odpovídajícího množství KH_2PO_4 p. a. v H_2O dest. Množství dodávané kapalně fáze odpovídalo maximální kapilární vodní kapacitě, kterou jsme stanovili podle N o v á k a (H r a š k o 1962) pro každou ze čtyř základních va-

riant. Bezprostředně po přidávku roztoků byly všechny kádinky uloženy ve vlhkém termostatu při teplotě 26,5 °C. Během pokusu byly vždy jednou týdně převažovány a úbytek vody, který nikdy nepřekročil 0,4 g z jedné kádinky, byl doplňován. Prvý odběr vzorků byl proveden 3 dny po zahájení pokusu a další následovaly vždy po 14 dnech. Při odběru vzorků byl vždy oddělené vyklopen materiál ze dvou opakování všech variant a sušen při 40 °C v sušárně po dobu 48 hodin (aby byly dodrženy stejné podmínky při sušení všech vzorků). Lehkým drcením v porcelánové třecí misce byly po vysušení rozmělněny hrudky, každý vzorek pečlivě zhomogenizován a uložen v lahvičce z PVC.

Extrahovatelnost fosforu byla stanovena metodou Brayeho a Kurtze I (0,03 N NH_4F + 0,025 N HCl) (Jackson 1958) a metodou Morganovou (Na-octan + kys. octová pH 4,8) (Chejfec 1962). U vybraných vzorků některých variant byla provedena frakcionace anorganických fosfátů podle Changa a Jacksona (1957) s úpravou podle Fifea (1959), při níž jsme se omezili na stanovení prvních čtyř frakcí. Pro bližší identifikaci frakce fosfátů rozpustných v 1-N NH_4Cl byla u těchto vzorků provedena separátně extrakce H_2O , extrakce 0,01 M roztokem CaCl_2 a extrakce 1-N NH_4Cl . Extrakce každým roztokem byla opakována čtyřikrát vždy s novou dávkou extrakčního roztoku, při poměru solidu: likvidu = 1:20, po dobu 30 minut. Po odstředění byla ve všech extraktech kromě obsahu fosfátů stanovena hodnota pH na kompenzačním pH-metru Mikrotechna a v extraktech 1 N roztokem NH_4Cl též obsah vápníku na atomovém absorpčním spektrofotometru fy Southern Analytical zn. A 3000. Prověření vazby fosfátů na popílek bylo provedeno porovnáním sorpce fosfátového iontu na popílek bez předchozí úpravy a po jeho extrakci 1 N roztokem NH_4Cl . Extrakce tímto roztokem byla opakována pětikrát vždy s novým extrakčním roztokem, při poměru solidu: likvidu = 1:20 po dobu 30 minut. Extrakty byly odstřeďovány, stanoveno jejich pH a proveden chemický rozbor, při němž obsah železa, hliníku, vápníku a hořčíku byl stanoven rovněž na A 3000. Fosfátový iont byl sorbován při téže poměru solidu: likvidu, přičemž v 50 ml sorpčního roztoku bylo obsaženo $0,75 \cdot 10^{-4}$ molů P ve formě KH_2PO_4 .

II. Porovnání některých vlastností pokusných materiálů. — Comparison of some properties of the experimental materials

Celkový chemický rozbor

Materiál	SiO ₂	R ₂ O ₃	(Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ TiO ₂)	MnO	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O		
	v procentech									
Popílek	55,4	36,2	5,5	28,3	2,1	0,05	0,23	2,14	2,09	1,97
Zemina	71,9	16,8	3,8	12,5	0,6	0,08	0,22	2,22	2,02	2,35

Výluh 20% HCl

Materiál	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5
	v procentech						
Popílek	0,08	0,21	1,08	0,65	3,39	2,25	0,09
Zemina	0,08	0,43	0,99	0,61	3,60	5,03	0,10

pH aktivní

Popílek 11,12
Zemina 7,81

Max. kapilární vodní kapacita

Popílek 57,2 %
Zemina 25,1 %
Směs 10 % popílku + 90 g zeminy 28,2 %
Směs 20 % popílku + 80 g zeminy 31,5 %

Použité pokusné materiály byly podrobeny celkovému chemickému rozboru (Hraško 1962 a ČSN 721110), byl u nich proveden rozbor extraktu 20% roztokem HCl (Oktábcová 1967, Hraško 1962) a stanoveno pH suspenze ve vodě při poměru 1:10. Přehled výsledků těchto rozborů je uveden v tabulce II. Analytické stanovení fosfátů bylo ve všech případech prováděno kolorimetricky měřením intenzity žlutého zabarvení komplexu molybdáto-vanadáto-fosfátového na kolorimetru zn. Spekol. Hodnoty obsahu P_2O_5 , CaO i pH uváděné v tabulkách jsou průměrnými hodnotami, vypočítanými na základě výsledků alespoň ze 4 paralelních stanovení.

VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE

Extrahovatelnost fosforu sledovaná metodou Braye a Kurtze I (tabulka III). U variant bez přídatku fosfátu byla na počátku pokusu extrahovatelnost z popílku vyšší než ze zeminy pouze o 1,21 mg P_2O_5 /100 g, tj. o 16,8 % hodnoty zjištěné pro zeminu. Tomu odpovídalo i malé zvýšení extrahovatelnosti z obou směsí popílku se zeminou (varianta 2 a 3) na počátku pokusu. Během inkubace se extrahovatelnost ze zeminy prakticky neměnila, zatímco u popílku se postupně snižovala. Tato skutečnost se odrazila i ve změnách extrahovatelnosti varianty 2 a 3 tím, že počáteční zvýšení extrahovatelnosti bylo při posledním stanovení již v mezích analytických chyb.

Nižší přídavek fosfátového iontu (50 mg P_2O_5 /100 g) vyvolal u zeminy zvýšení extrahovatelnosti fosforu o 31,67 mg P_2O_5 /100 g, což současně značí, že již 3 dny po přídatku fosfátu bylo z něho v extrahovatelné formě zachováno pouze 63 % a během inkubace se obsah této formy dále snižoval až na 50 %. U popílku způsobil nižší přídavek fosfátu zvýšení extrahovatelnosti o 40,81 mg P_2O_5 /100 g, tj. v extrahovatelné formě bylo na počátku pokusu nalezeno cca 80 % přidávaného fosfátu. Během inkubace byl však pokles extrahovatelnosti u popílku rychlejší, takže při posledním stanovení se obsah extrahovatelné

III. Extrahovatelnost fosforu metodou Braye a Kurtze I z pokusných variant ve 14denních intervalech. — Extractability of phosphorus according to the Bray and Kurtz I method, using experimental variants in 14-days' intervals

Varianta číslo	Extrahované množství P_2O_5 v mg/100 g				
	1. 7.	15. 7.	29. 7.	12. 8.	26. 8.
1	7,22	7,37	7,22	7,28	7,18
2	8,07	7,71	7,24	7,49	7,27
3	8,15	8,16	7,59	8,15	7,69
4	8,43	7,54	6,83	6,20	6,06
11	38,89	37,01	36,41	34,33	32,38
12	39,47	37,62	37,08	35,01	34,47
13	41,15	37,47	38,15	34,03	34,41
14	49,24	39,92	34,20	30,72	32,03
21	78,44	79,38	81,06	81,32	79,16
22	81,35	83,92	82,55	79,98	75,91
23	83,51	83,62	82,32	79,54	71,16
24	93,84	89,60	83,16	75,35	72,80

formy přidávaného fosfátu snížil stejně jako u zeminy na cca 50 %. Zvýšení extrahovatelnosti vlivem popílku u variant s 10 a 20 % popílku (varianta 12 a 13) na počátku pokusu bylo v dobré shodě s výší jeho dávek. Během inkubace došlo u těchto variant k poklesu extrahovatelnosti, avšak původní rozdíl mezi zeminou a variantou 13 byl téměř zachován a mezi zeminou a variantou 13 dokonce vzrostl z hodnoty 0,6 na cca 2 mg $P_2O_5/100$ g.

Vyšší přídavek fosfátu (100 mg $P_2O_5/100$ g) zvýšil analogicky extrahovatelnost všech variant na počátku pokusu. U zeminy (varianta 21) bylo v extrahovatelné formě shledáno 71,2 % přidaného fosfátu tři dny po zahájení pokusu. Během inkubace se extrahovatelnost nepatrně zvýšila a též na konci pokusu byla poněkud vyšší než na počátku. Naproti tomu extrahovatelnost z popílku (varianta 24), která na počátku pokusu byla vysoká a zahrnovala 85,4 % přidaného fosfátu v extrahovatelné formě, se během inkubace snižovala, takže na konci pokusu byla značně nižší než ze zeminy a zahrnovala pouze 66 % přidaného fosfátu v extrahovatelné formě.

Extrahovatelnost variant 22 a 23 byla na počátku pokusu zhruba úměrná dávkám popílku. Během inkubace se mírně zvýšila, podobně jako u zeminy, avšak od třetího stanovení (29. 7.) extrahovatelnost klesala, takže na konci pokusu byla u varianty 23 dokonce nižší než u popílku.

Shrňme-li poznatky získané sledováním extrahovatelnosti fosforu touto metodou, dospíváme k těmto závěrům:

1. Během inkubace probíhají v popílku i bez přídavku fosfátu reakce, které vedou ke snížení obsahu extrahovatelného fosforu.

2. Přidávaný fosfát, jehož vazba je na popílek zpočátku méně pevná než na zemině, je během inkubace rychleji převáděn do neextrahovatelné formy.

3. Kladný vliv popílku na extrahovatelnost fosforu ze směsi zeminy a popílku se po inkubaci projevuje pouze při nižším přídavku fosfátu.

IV. Extrahovatelnost fosforu metodou Morganovou z pokusných variant ve 14denních intervalech. — Extractability of phosphorus from the experimental variants according to the Morgan method; intervals: 14 days

Varianta číslo	Extrahovatelnost v mg $P_2O_5/100$ g				
	1. 7.	15. 7.	29. 7.	12. 8.	26. 8.
1	12,20	12,26	12,00	12,57	12,55
2	12,08	11,88	11,75	12,95	12,53
3	12,49	12,34	13,52	13,34	13,27
4	21,86	22,46	24,53	25,50	26,41
11	38,01	34,02	34,37	34,23	33,90
12	39,83	40,18	39,11	38,56	39,11
13	41,08	41,79	42,93	42,14	40,73
14	56,73	53,80	53,97	50,60	53,47
21	66,85	60,80	57,55	59,67	57,32
22	76,82	72,17	72,55	70,55	69,62
23	79,20	79,35	76,62	72,85	74,05
24	98,22	92,87	81,20	80,55	78,90

Extrahovatelnost fosforu sledovaná metodou Morganovou (tab. IV). Z varianty samotného popílku bez přidavku fosfátu (varianta IV) byla extrahovatelnost značně vyšší než ze zeminy, avšak ve směsích zeminy a popílku (varianty 2 a 3) se vliv popílku na extrahovatelnost ani na počátku pokusu, ani v jeho průběhu průkazně neprojevil. Zatímco extrahovatelnost z popílku se během inkubace mírně a pravidelně zvyšovala, extrahovatelnost ze zeminy (varianta 1) i z obou směsí (varianta 2 a 3) se téměř neměnila.

Nižším přidavkem fosfátu se extrahovatelnost všech variant na počátku pokusu zvýšila, při čemž u zeminy z přidavného fosfátu bylo po 3 dnech trvání pokusu zjištěno 51,6 %, u popílku téměř 70 % P_2O_5 v extrahovatelné formě. Zvýšení extrahovatelnosti obou směsí zeminy s popínkem (varianty 12 a 13) na počátku pokusu dobře odpovídalo hodnotě vypočítané na základě součtu extrahovatelností alikvotních podílů obou komponent (u varianty 12—39,81, u varianty 13—41,53 mg $P_2O_5/100$ g). Průběhem pokusu došlo ke zřetelnému poklesu extrahovatelnosti nejen ze zeminy (varianta 11), ale ještě výrazněji z popílku (varianta 14), a to zvláště při druhém stanovení; při dalších stanoveních se extrahovatelnost obou variant již průkazně neměnila a z přidávaného fosfátu bylo v extrahovatelné formě zachováno u zeminy téměř 43 %, u popílku 54 % P_2O_5 . Extrahovatelnost z obou směsí zeminy a popílku (varianta 12 a 13) se během inkubace měnila pouze nepatrně, takže difference mezi extrahovatelností zeminy a obou variant na konci pokusu svědčí o kladném vlivu popílku.

Vyšší přidavek fosfátu se projevil analogickým zvýšením extrahovatelnosti ze zeminy (varianta 21) i z popílku (varianta 24), u nichž bylo při prvním stanovení zjištěno 54,6 a 76,36 % přidávaného fosfátu v extrahovatelné formě. Zvýšení extrahovatelnosti ze směsí zeminy a popílku (varianty 22 a 23) však v tomto případě nebylo úměrné dávkám popílku ani na počátku pokusu, ani v jeho dalším průběhu. Během inkubace se snížila extrahovatelnost jak ze zeminy, tak z popílku, přičemž u popílku byl pokles výraznější, třebaže v extrahovatelné formě na konci pokusu byl zachován větší podíl přidávaného fosfátu (52,5 %) než u zeminy (45 %). Extrahovatelnost ze směsí zeminy a popílku při tomto přidavku fosfátu se během inkubace rovněž snížila, avšak neúměrně jejich složení, přičemž hodnoty extrahovatelnosti byly vždy vyšší než hodnoty vypočítané.

Sledováním extrahovatelnosti fosforu touto metodou jsme dospěli k následujícím poznatkům:

1. Během inkubace bez přidavku fosfátu probíhají u popílku reakce, které vedou ke zvýšení obsahu extrahovatelného fosforu.

2. Během inkubace popílku s přidavkem fosfátu dochází naopak k reakcím, při nichž je tento iont vázán zpočátku sice volněji než na zemině, během času je však také převáděn do neextrahovatelné formy, třebaže výsledná extrahovatelnost za jinak stejných podmínek je z popílku vyšší než ze zeminy.

3. Kladný vliv popílku na extrahovatelnost fosforu ze směsí zeminy a popílku se projevuje při obou hladinách přidávaného fosfátu, přičemž vyšší dávka popílku (20 %) působí příznivěji, zvláště při nižším přidavku fosfátu.

Poznatky získané oběma použitými metodami o vlivu popílku na extrahovatelnost fosforu se sice liší, v jednom se však shodují: popílek ve směsi se zeminou zvyšuje obsah extrahovatelné formy přidávaného fosfátu, zpomaluje jeho převedení do pevnějších vazeb a při nižším přidavku fosfátu je tento účinek dlouhodobější.

Rozdílnost výsledků u obou extrakčních metod lze na základě literárních údajů vysvětlit odlišnou účinností obou metod, neboť metoda Braye a Kurtze I extrahuje přednostně Al a Fe-fosfáty (Kaila 1965, Chang, Juo 1963), zatímco metoda Morganova extrahuje fosfáty lehce vázané (Kaila 1965).

Frakcionace anorganických fosfátů. Pro ověření tohoto vysvětlení u našich pokusných materiálů jsme provedli frakcionaci anorganických fosfátů u vybraných vzorků některých variant. Z výsledků frakcionace variant bez přídatku fosfátu (tabulka V) vyplývá, že třebaže popílek měl značně vyšší celkový obsah kyslíčků železa a hliníku než zemina (tabulka II), převážná část jeho fosfátů se soustředila v Ca-frakci. Pozoruhodně vysoký byl též obsah frakce fosfátů lehce vázaných (1. frakce), který během inkubace ještě vzrostl, zatímco obsah Ca-frakce se poněkud snížil. Nižší obsah Al-frakce a mimořádně nízký obsah Fe-frakce svědčil o skutečnosti, že seskvioxydy popílku se na vazbě fosfátů podílely méně než vápník a teprve během inkubace se jejich účast na vazbě mírně zvýšila. Vliv popílku na rozložení frakcí ve směsích popílku se zemínou (varianta 2 a 3) byl patrný, avšak nebyl zcela přímo úměrný jeho dávkám.

Přídavek fosfátu, který již 3 dny po zahájení pokusu byl u zeminy vázán z 50 % na Al- a Fe-frakci, byl v téže době u popílku (varianta 24) shledán z 85 % ve frakci lehce vázaných fosfátů, zvýšil obsah Al-frakce, méně Fe-frakce

V. Frakcionace anorganických fosfátů vybraných pokusných variant na počátku a na konci inkubace. — Fractioning of inorganic phosphates of selected experimental variants at the beginning of incubation and at the end of this period

Varianta číslo	Obsah fosfátů ve frakcích vyjádřený v mg P_2O_5 /100 g					
	1. frakce	Al-frakce	Fe-frakce	Ca-frakce	1. frakce + Ca frakce	Al + Fe-frakce
1 počát.	1,65	17,82	19,04	31,23	32,9	36,9
koneč.	1,64	18,90	16,39	26,70	28,3	35,3
2 počát.	1,83	16,74	15,35	27,35	29,2	32,1
koneč.	1,83	17,00	17,54	28,04	29,9	34,5
3 počát.	1,83	15,90	14,49	33,45	35,3	30,4
koneč.	1,83	17,21	14,64	35,45	37,3	31,8
4 počát.	9,27	13,63	4,96	45,23	54,5	18,6
koneč.	11,01	16,07	6,39	41,38	52,4	22,5
21 počát.	41,4	58,1	28,8	31,5	72,9	91,0
koneč.	29,9	59,9	33,0	42,2	71,1	92,9
22 počát.	48,8	56,2	26,6	34,4	83,1	82,9
koneč.	33,36	58,0	30,4	40,4	73,7	88,4
23 počát.	53,9	54,2	24,6	33,4	87,2	78,8
koneč.	50,3	51,4	22,1	41,2	91,5	73,5
24 počát.	94,8	24,8	5,6	47,1	141,9	30,4
koneč.	85,8	35,4	8,4	44,8	130,6	43,8

VI. Obsah P_2O_5 v mg/100 g a hodnoty pH extraktů při následných extrakcích H_2O dest. a $CaCl_2$ 0,01 M nejdéle inkubovaných variant s vyšším přidavkem fosfátu (100 mg P_2O_5) — Content of P_2O_5 in mg/100 g and values of pH extracts in successive extraction 100 g). — with H_2O dist. and $CaCl_2$ 0.01 M in the longest-incubation variants with a higher addition of phosphates (100 mg of P_2O_5 /100 g)

Varianta	1. extrakce		2. extrakce		3. extrakce		4. extrakce		Σ extrakcí
Extrakce H ₂ O (pH původního roztoku 6,78)									
	pH	P ₂ O ₅	pH	P ₂ O ₅	pH	P ₂ O ₅	pH	P ₂ O ₅	P ₂ O ₂
21	6,78	27,6	7,11	20,1	7,19	16,5	7,23	13,1	77,4
22	6,86	31,4	7,16	23,0	7,28	15,6	7,27	14,3	84,3
23	6,75	21,7	7,11	17,9	7,21	15,0	7,44	12,4	67,1
24	7,04	6,0	7,38	9,4	7,47	11,3	7,58	12,7	39,4
Extrakce 0,01 M CaCl ₂ (pH původního roztoku 6,63)									
21	7,03	11,7	7,25	7,4	7,26	5,5	7,25	4,4	29,1
22	7,15	13,1	7,31	8,3	7,25	6,1	7,22	5,2	32,6
23	7,29	9,1	7,36	6,9	7,40	5,4	7,38	4,8	26,3
24	7,92	2,7	7,80	3,8	7,62	4,6	7,66	5,7	16,9

a Ca-frakce. Během inkubace, při níž u zeminy byly lehce vázané fosfáty převážně do Ca-frakce, u popílku proběhlo značně pomalejší převedení těchto fosfátů do Al a Fe-frakce a naopak obsah Ca-frakce se snížil. Rozložení frakcí ve směsích zeminy a popílku (varianty 22 a 23) na počátku a při nižší dávce popílku též po inkubaci bylo zhruba úměrné vzájemnému poměru obou komponent.

VII. Hodnoty pH, obsah P_2O_5 a obsah CaO v mg/100 g extraktů při následných extrakcích s vyšším přidavkem fosfátu (100 mg P_2O_5 /100 g). — Values of pH, content of P_2O_5 and CaO in the longest-incubation variants without addition and of variants with a

Varianta	1. extrakce			2. extrakce		
	pH	P_2O_5	CaO	pH	P_2O_5	CaO
1	6,63	1,4	276,2	6,32	2,0	65,2
2	7,02	2,5	307,7	6,42	2,0	70,8
3	6,87	3,1	265,0	6,50	2,0	70,4
4	7,11	6,6	189,9	6,64	2,5	47,7
21	6,52	30,7	244,6	6,40	16,4	69,1
22	6,66	39,1	216,6	6,47	16,9	67,44
23	6,75	46,6	215,9	6,53	18,8	67,3
24	7,08	81,1	159,1	6,69	18,3	57,7

Vyšší dávka popílku (varianta 23) působila však po inkubaci odlišně: ačkoliv změny obsahu Ca-fракce byly úměrné složení a vedly ke zvýšení obsahu této фракce, obsah Al- i Fe-fракce se poněkud snížil a obsah lehce vázaných fosfátů zůstal mimořádně vysoký. Tuto skutečnost lze vysvětlit tím, že převod fosfátů do vazby na seskvioxydy byl v tomto případě vlivem popílku zpomalen.

Rozložení fosfátů do jednotlivých frakcí, zejména obsah a změny Ca-fракce a фракce lehce vázaných fosfátů, poskytují dostatečné vysvětlení pro hodnoty extrahovatelnosti, zjištěné Morganovou extrakční metodou a jsou v souladu s uvedenými literárními údaji. Obdobná shoda byla shledána též mezi obsahem Al- a Fe-fракce a extrahovatelností fosfátů metodou Braye a Kurtze I, avšak pouze u zeminy (varianta 1 a 21). Zřetelný pokles extrahovatelnosti fosforu z popílku během inkubace je v rozporu se vzrůstem obsahu Al- i Fe-fракce, k němuž došlo u varianty samotného popílku bez přídatku i s přídatkem fosfátu (varianty 4 a 24) a jeho směsí se zeminou (varianty 2, 3, a 22). Výjimkou byla varianta 23, u níž pokles Al- i Fe-fракce byl provázen též poklesem extrahovatelnosti. Rozpor mezi literárními údaji a námi zjištěnými poměry lze přičíst jednak tomu, že seskvioxydy popílku mohou fosfáty vázat ve vazbách, které jsou sice narušovány extrakčními činidly užívanými při frakcionalizaci, nikoli však extrakčním činidlem Braye a Kurtze I, jednak tomu, že zvláště na počátku pokusu se při této extrakci u popílku uplatňují i ostatní фракce fosfátů.

Nejzávažnějším poznatkem z frakcionace fosfátů našich pokusných materiálů je, že fosfát přidáný k popílku i k jeho směsím se zeminou byl soustředěn převážně ve фракci lehce vázaných fosfátů a jeho převedení do pevnějších vazeb proběhlo pomaleji než u zeminy. Náš zájem se proto obrátil na detailnější výzkum této фракce fosfátů v popílku.

Paralelně provedené čtyřnásobné extrakce nejdéle inkubovaných vzorků variant 21, 22, 23 a 24 odlišně účinnými extrakčními činidly (tabulky VI a VII) ukázaly, že poutání fosfátů na popílku by mohlo být sorpcí II. řádu (Kolář 1966), která souvisí s obsahem výměnných kationtů, k jejichž uvolnění dochází při extrakci 1 N roztokem NH_4Cl . Důsledkem tohoto uvolnění by mohla být i vysoká extrahovatelnost fosfátů tímto roztokem z popílkové varianty, na rozdíl

trakcích NH_4Cl 1 M (pH 5,15) nejdéle inkubovaných variant bez přídatku a variant and content of CaO in mg/100 g of extracts in successive NH_4Cl 1 M (ph 5.15) ex-higher addition of phosphate (100 mg P_2O_5 /100 g)

3. extrakce			4. extrakce		Σ extrakcí
pH	P_2O_5	CaO	pH	P_2O_5	P_2O_4
6,09	2,0	34,6	nestanoveno		5,4
6,29	2,0	41,4	nestanoveno		6,5
6,33	2,3	43,3	nestanoveno		7,4
6,37	2,1	23,4	nestanoveno		11,2
6,24	11,2	40,6	5,97	7,3	65,6
6,30	10,7	37,2	6,00	7,0	73,7
6,39	10,5	43,5	6,01	7,3	83,2
6,41	5,7	31,5	6,13	2,2	107,3

od nízké extrahovatelnosti při extrakci H_2O a 0,01 M roztokem CaCl_2 , při nichž k vymývání výměnných kationtů nedochází. Rozborem extraktů 1 N roztokem NH_4Cl z nejdéle inkubovaných vzorků variant bez přídavku a variant s vyšším přídavkem fosfátu (tabulka VII), v nichž ze zkoumaných iontů v analyticky stanovitelném množství byl shledán pouze vápník, avšak bylo zjištěno, že extrahované množství fosfátů je spíše nepřímo úměrné obsahu výměnného vápníku, porovnáme-li souměřitelné extrakty jednotlivých variant. Proto jsme dále ověřovali funkci výměnného vápníku při vazbě fosfátů na popílkův tím, že jsme sorbovali fosfátový iont na nejdéle inkubovaném vzorku varianty 4 jednak po pětinasobné extrakci 1 M roztokem NH_4Cl , jednak bez předchozí úpravy. Z celkového množství $0,75 \cdot 10^{-4}$ molů P sorboval extrahovaný vzorek $0,16 \cdot 10^{-4}$ molů P a vzorek původní $0,23 \cdot 10^{-4}$ P/2,5 g. Schopnost popílku vázat fosfátový iont se tedy odstraněním výměnného vápníku sice snížila, avšak pouze o 30 %, a proto ani mimořádnou extrakční mohutnost 1 N roztoku NH_4Cl nelze jednoznačně vysvětlit předpokládaným způsobem. Tomu nasvědčuje i zvyšování obsahu extrahovaných fosfátů z varianty 24 při následných extrakcích H_2O i 0,01 M roztokem CaCl_2 , které je spojeno se změnami pH těchto extraktů, a které svědčí o složitějších podmínkách vazby i uvolňování fosfátů u popílku, při nichž se pravděpodobně především uplatňuje pH, iontová síla i koncentrace všech ostatních iontů v systémech (Taylor a Gurney 1965).

Porovnání výsledků všech provedených rozborů nás přivádí k závěru, že popílek, třebaže nesporně váže fosfátový iont prostou sorpcí, sorpcí II. řádu, hydrolytickými procesy apod. (Kolář 1966, Ontlová et al. 1967), extrahovatelnost tohoto iontu za našich pokusných podmínek výrazně nesnižuje, naopak většinou způsobuje zvýšení extrahovatelnosti ze směsi zeminy s popílkem i po dvouměsíční inkubaci. Významné je zvláště dlouhodobé zachování značného podílu přidávaného fosfátu ve frakci lehce vázaných fosfátů a přírůstek extrahovaného podílu při postupných extrakcích H_2O dest. i 0,01 M roztokem CaCl_2 nejen ze samostatného popílku, ale i z jeho směsi se zeminou (10 % popílku). Tyto poznatky potvrzují předpoklad o postupném uvolňování fyziologicky využitelného fosforu vlivem popílku při následné vegetaci plodin, které příznivě ovlivnilo výnosy (Löbl, Petříková 1968) a jsou též v souladu se zjištěným vzestupem čerpání fosforu rostlinami při této následné vegetaci (Kadaňková 1968). Současné však dokazují, že příznivý vliv popílku je podmíněn charakterem, zvláště pak chemismem půdy, do níž je vnášen, vyšší dávek popílku i vyšší dávek přidávaných hnojiv.

Literatura

- CHANG S. C., JACKSON M. L., 1957, Fractionation of soil phosphates. *Soil Sci.* 34 : 133—144.
- CHANG S. C., JUO S. R., 1963, Available phosphorus in relation to forms of phosphates in soils. *Soil Sci.* 95 : 91—99.
- CHEJFEC D. M., 1960, Metody opredelenija fosfora v počve. *Agrochim. metody issled. počv.* Sborník statej. Izd. AN SSSR, Moskva.
- FIFE C. V., 1959, En evaluation of ammonium fluorid as a selective extractant for aluminum-bound soil phosphate. II. *Soil Sci.* 87 : 83—88.
- HOLLIDAY R., HODGSON D. R., TOWNSEND W. N., 1958, Plant growth on fly ash. *Nature* 181 : 1079.
- HRAŠKO J. a kol., 1962, Rozbory pód. SVPL, Bratislava.
- JACKSON M. L., 1958, Soil chemical analysis. Prentice Hall. INC, Englewood Cliffs, N. Jersey.
- KADAŇKOVÁ Z., 1968, Vliv popílku na extrahovatelnost fosforu a draslíku. Dílčí závěr. zpráva VÚRV Praha.

- , 1968, Vliv popílku na čerpání živin rostlinami. Sborník Symposia výživy rostlin. Jánské Lázně: 103-108.
- KAILA A., 1965, Some phosphorus test values and fractions of anorganic phosphorus in soils. Maataloust. Aikakausk., 37 : 175—189.
- KOLÁŘ L., 1966, Sorpční vlastnosti elektrárenského popílku. Rostlinná výroba 11, 10 : 1055—1070.
- , 1968, O některých anomáliích sorpce a iontové výměny na částicích létavého popílku. Rostlinná výroba 14, 11—12 : 1019—1028.
- LÖBL F., 1967, Vliv popílku z elektrostatických odlučovačů a složiště Opatovické elektrárny na růst a vývoj pohanky, hořčice a špenátu. Dílčí závěr. zpráva VÚRV Praha.
- LÖBL F., PETŘÍKOVÁ V., 1968, Agronomické aspekty využívání popílku. 2. sdělení. Rostl. výroba. 15,8 : 820—827.
- OKTÁBCOVÁ J., 1967, Metodika a analytické postupy při hodnocení popílku. Závěr. zpráva ÚKZÚZ Praha.
- ONTLOVÁ A., MACURA J., KUNZ F., 1967, Vliv popílku na některé mikrobiologické procesy v půdě. Rostl. výroba 13,9 : 975—983.
- PIRKL J., NOVÁK B., 1964, Využití popílku pro výživu rostlin. Stud. zpráva VÚRV Praha.
- PIRKL J., NOVOZÁMSKÝ I., 1967, Reakce fosforečných hnojiv s půdou. II. Laboratorní pokusy. Rostl. výroba 13,3 : 225—240.
- REES W. J., SINDRAK G. H., 1953, Plant growth on fly ash. Nature 176, č. 4477 : 352.
- TAYLOR A. W., GURNEY E. L., 1965, Precipitation of phosphate by iron oxid and aluminum hydroxid from solutions containing calcium and potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 29 : 18—22.
- ČSN 721110. Základní postup rozboru silikátů. Vydavatel. úřadu pro normalizaci, Praha 1959.

Došlo dne 7. 1. 1970

KADAŇKOVÁ Z. *Agronomické aspekty používání elektrárenských popílků. IV. Vliv elektrárenského popílku na extrahovatelnost fosforu z půdy.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 481-492, 1970.

Během inkubace systémů obsahujících 0; 10; 20 a 100 % popílku a odpovídající podíly zeminy s přísady 0, 50 a 100 mg $P_2O_5/100$ g byla sledována extrahovatelnost fosforu dvěma metodami stanovení fyziologicky přístupného fosforu. Na počátku a na konci inkubace bylo zjišťováno zastoupení frakcí anorganických fosfátů ve vybraných variantách, u nichž byla po inkubaci sledována též extrahovatelnost fosforu trojnásobnou extrakcí 1 M roztokem NH_4Cl , 0,01 M roztokem $CaCl_2$ a H_2O dest. Vlivem popílku se na počátku inkubace zvýšila extrahovatelnost fosforu oběma extrakčními metodami při všech hladinách přísady fosfátu. Během inkubace a na jejím konci se zvýšení projevilo zvláště při přísadce 50 mg $P_2O_5/100$ g. Při následných extrakcích vodou a 0,01 M $CaCl_2$ z variant s nejvyšším přísadkem P_2O_5 byla extrahovatelnost fosforu po inkubaci nejvyšší u varianty s 10 % popílku a při extrakci 1 M NH_4Cl u samotného popílku. Značná část přidávaného fosfátu byla vlivem popílku zachována ve frakci lehce rozpustných fosfátů. Vazba fosfátu na popílku byla jen částečně závislá na obsahu výměnných fosfátů.

elektrárenské popílky v zemědělství; vazba a extrakce fosforu; metody stanovení přístupného fosforu

КАДАҢКОВА, З. (Институт питания растений, Лаборатория использования отходов, Прага). *Агрономические аспекты применения зольных выбросов электростанций. IV. Влияние зольных выбросов электростанций на экстрагируемость фосфора из почвы.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 481-492, 1970.

В течение инкубации систем, содержащих 0, 10, 20 и 100 % зольных выбросов и соответствующие доли грунта с примесью 0,50 и 100 мг $P_2O_5/100$ г, изучалась экстрагируемость фосфора при помощи двух методов определения физиологически доступного фосфора. В начале и в конце инкубации было установлено представительство фракции неорганических фосфатов в избранных вариантах, у которых после инкубации изучалась также экстрагируемость фосфора путем трехкратного последующего экстрагирования 1 M раствором NH_4Cl , 0,01 M раствором $CaCl_2$ и H_2O дистил. Влияние зольных выбросов в начале инкубации повысило экстрагируемость фосфора благодаря обоим методам экстрагирования и при всех уровнях добавок фосфата. В течение инкубации и в ее конце повышение

проявилось особенно при добавке 50 мг P_2O_5 /100 г. При последующем экстрагировании водой и 0,01 М $CaCl_2$ в вариантах с наивысшей добавкой P_2O_5 после инкубации экстрагируемость фосфора была самой высокой у варианта с 10 % зольных выбросов и при экстрагировании 1 М NH_4Cl у самих зольных выбросов. Значительная часть добавляемого фосфора под влиянием зольных выбросов сохранилась во фракции легкорастворимых фосфатов. Связь фосфата с зольными выбросами частично зависит от содержания сменных катионов.

зольные выбросы электростанций в сельском хозяйстве; связь и экстрагирование фосфора; методы определения доступного фосфора.

Adresa autorky:

Ing. Zdenka Kaďaňková, VÚRV, Ústav výživy rostlin, Laboratoř využití odpadů, Praha 1, Jilská 16

EXTRAHOVATELNOST NĚKTERÝCH FOSFOREČNÝCH SOLÍ METODAMI PRO STANOVENÍ PŘÍSTUPNÉHO FOSFORU

J. PIRKL, I. NOVOZÁMSKÝ

PIRKL J., NOVOZÁMSKÝ I. (Research Institutes of Crop Production, Institute of Plant Nutrition, Praha-Ruzyně). *The Extractability of Some Phosphoric Salts by Means of Methods for the Determination of Available Phosphorus*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 493-498, 1970.

In laboratory experiments the capacity of extraction agents suggested by Egnér, Olsen, Bray, and Kurtz for the extraction of available soil phosphorus to dissolve phosphorus from superphosphate, dicalcium phosphate, rhenium phosphate, aluminium and ferrous phosphate was determined. At the same time also the influence of an addition of aluminium and ferrous ions to some of these fertilizers on the amount of P dissolved in the different reagents was examined. By means of calcareous lactate (Egnér) all P was leached from superphosphate and dicalcium phosphate. From rhenium phosphate 19 per cent of P was extracted. An addition of aluminium ions to suspensions of these fertilizers did not decrease extractability, and addition of ferrous ions exercised a negative influence on the extractability of P. By means of Bray's agent P was extracted quantitatively only from superphosphate. From dicalcium-phosphate 71 per cent of P were extracted and from Rhenium phosphate 21 per cent. An addition of aluminium ions exercised a positive influence on the extractability, and addition of ferrous ions decreased extractability. Olsen's agent extracted 90 per cent of P from superphosphate and 31 per cent of P from dicalcium phosphate. Only a negligible quantity was extracted from Rhenium of phosphate (0.2 per cent). An addition both of aluminium and of ferrous ions decreased extractability. Phosphorus from $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, and from $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ was extracted best by means of Bray's agent (approximately 30 per cent of P), and both further agents extracted only a very small quantity of P.

fertilizers; phosphorus, dissolubility; methods of agrochemical soil testing

Při hodnocení analýz našich půd na obsah rostlinám přístupného fosforu metodou Egnérovou jsme často dostávali výsledky, které neodpovídaly intenzitě hnojení ani dosaženým výnosům pěstovaných plodin. Bylo zřejmé, že tato metoda vyluhuje na vápenatých půdách relativně více fosforu než na půdách slabě kyselých až kyselých.

Domnívali jsme se, že je to pravděpodobně proto, že kyselý laktát vápenatý, který k extrakci Egnér používá, louží i těže rozpustné fosfáty vápenaté, které jsou rostlinami již hůře přijímány.

Protože zatím je málo známo o tom, které sloučeniny fosforu jsou jednotlivými činidly chemických extrakčních metod rozpouštěny a rovněž není známo, do jaké míry jsou těmito činidly rozpouštěny fosforečné sloučeniny používané jako hnojiva, rozhodli jsme se toto přezkoušet v modelovém pokuse. Je zřejmé, že tato znalost, spolu se znalostí účinnosti různých fosforečných sloučenin jako zdroje fosforečné výživy pro rostliny, může být důležitým kritériem hodnocení vhodnosti té které chemické metody pro zjišťování množství přístupného fosforu v půdě. Pokusili jsme se provést zhodnocení a srovnání rozpouštěcí síly tří z nepoužívanějších metod vzhledem k jejich schopnosti extrahovat i těže rozpustné sloučeniny fosforu.

Jako standardní metodu jsme vzali u nás již mnoho let používanou metodu Egnérovu, která používá k extrakci půdního fosforu okyselený roztok mléčnanu vápenatého pH 3,7 (trvání extrakce 100 minut). S ní jsme srovnávali z mnoha ve světě používaných metod dvě metody navržené v posledních letech, které se zdají dobře splňovat požadavky kladené na chemické metody pro zkoušení přístupné zásoby fosforu v půdě. Je to metoda navržená Olsenem, který doporučuje vyluhovat půdu 0,5 M roztokem NaHCO_3 , jehož pH je upraveno na 8,5 přidávkem hydroxidu sodného (doba extrakce 30 min.) a metoda podle Braye a Kurtze, kteří extrahují roztokem, který je současně 0,03 N NH_4F a 0,025 N HCl (doba extrakce 1 minuta). Přísné pracovní postupy pro jednotlivé metody jsou uvedeny v příslušné literatuře (Olsen 1954, Bray a Kurtz 1945, Egnér cit. Laník, Halada 1956).

Pracovali jsme s čistými solemi bez aplikace do půdy, protože jsme chtěli znát chování konkrétních chemických sloučenin fosforu. Po dodání hnojivých solí do půdy dochází totiž ihned po aplikaci, hlavně u hnojiva obsahujícího fosfor v rozpustné formě, k reakci s půdními částicemi za současně tvorby stálejších, méně rozpustných forem fosforečných sloučenin, zejména solí hlinitých, železitých a v neutrální a alkalické oblasti pH i vápenatých.

Abychom si ověřili druhotné srážení fosfátových iontů, které může nastat během extrakce v důsledku uvolnění Al^{3+} a Fe^{3+} iontů z půdy, přidávali jsme k jednotlivým hnojivům i síran železitý, případně hlinitý.

MATERIÁL A METODA

K pokusu byly použity komerční superfosfát s celkovým obsahem 21 % P_2O_5 ; dikalciumfosfát ch. č. s obsahem 50,1 % P_2O_5 , a Rhenaniosfát s obsahem 29,0 % P_2O_5 . Pro srovnání byly vyluhovány dále fosforečnan hlinitý a fosforečnan železitý. Obě poslední sloučeniny byly připraveny v naší laboratoři rozpouštěním příslušného kovu v kyselině fosforečné. Oba produkty byly zkoumány pomocí rtg. analýzy a prokázalo se, že jde o směs krystalického a amorfního materiálu. Hlinité a železitě ionty přidávané k superfosfátu a dikalciumfosfátu byly ve formě síranu železitého a síranu hlinitého vždy ve dvou hladinách.

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Výsledky extrakce fosfátu z hnojiv a solí jsou přehledně uvedeny v tabulce I.

Jak je z uvedených výsledků patrné, nejagresivnější z použitých činidel je okyselený roztok laktátu vápenatého a po něm činidlo podle Braye a Kurtze. Alkalický roztok kyselého uhličitanu sodného vyluhoval vždy nejmenší množství fosforu. Pozoruhodná je zejména schopnost Egnérovu činidla rozpouštět úplně fosfor i z dikalciumfosfátu. Pouze tavený fosfát Rhenania okyselenému roztoku mléčnanu vápenatého částečně odolával. Fosforečnany železitě i hlinitě byly Egnérovým činidlem vyluhovány jen nepatrně, ovšem čerstvě vytvořené formy vzniklé přidávkem hlinitých a železitých iontů k superfosfátu, dikalciumfosfátu a tavenému fosfátu Rhenanie byly laktátem rozpuštěny podstatně lépe. Čerstvě vysrážený fosforečnan hlinitý byl rozpuštěn úplně, v případě přidavku železitých iontů již vyluhování fosforu nebylo kvantitativní a zejména při vyšší hladině železitých iontů byly vytvořeny sloučeniny železitě vůči Egnérovu činidlu již velmi stálé.

Činidlo podle Braye a Kurtze ze samostatných hnojiv rozpustilo fosfor kvantitativně pouze ze superfosfátu. Tavený fosfor Rhenanie byl vyloužen přibližně stejně jako Egnérovým činidlem, dikalciumfosfát však již výrazně méně.

I. Vyluhování některých hnojiv a solí činidly používanými pro zjišťování zásoby přijatelného fosforu v půdě. — Extraction of certain fertilizers and salts by means of agents applied for the determination of supplies of available phosphorus in the soil

Hnojivo	mg celk. P ₂ O ₅ v nav.	g Fe ₂ (SO ₄) ₃	g Al ₂ (SO ₄) ₃	Egnér nalezeno v % dodané P ₂ O ₅	mg celk. P ₂ O ₅ v nav.	g Fe ₂ (SO ₄) ₃	g Al ₂ (SO ₄) ₃	Olsen nalezeno v % dodané P ₂ O ₅	mg celk. P ₂ O ₅ v nav.	g Fe ₂ (SO ₄) ₃	g Al ₂ (SO ₄) ₃	Bray- Kurtz v % dodané P ₂ O ₅
Superfosfát	104,5	—	—	100,00	115	—	—	90,50	57,5	—	—	100,00
Superfosfát	104,5	0,1	—	95,70	115	0,1	—	79,70	57,5	0,5	—	96,43
Superfosfát	104,5	0,5	—	21,70	115	0,5	—	49,40	57,5	0,25	—	—
Superfosfát	104,5	—	0,3	100,00	115	—	0,3	49,80	57,5	—	0,15	100,00
Superfosfát	104,5	—	1,5	100,00	115	—	1,5	9,70	57,5	—	0,75	100,00
Dikalciurn fosfát	115,0	—	—	100,00	115	—	—	31,03	57,5	—	—	71,13
Dikalciurn fosfát	115,0	0,1	—	54,61	115	0,1	—	1,22	57,5	0,5	—	58,61
Dikalciurn fosfát	115,0	0,5	—	24,00	115	0,5	—	0,29	57,5	0,25	—	40,52
Dikalciurn fosfát	115,0	—	0,3	86,00	115	—	0,3	5,30	57,5	—	0,15	64,00
Dikalciurn fosfát	115,0	—	1,5	98,00	115	—	1,5	2,90	57,5	—	0,75	100,00
Tavený fosfát	144,9	—	—	19,55	115	—	—	0,174	57,5	—	—	21,29
Rhenania Tavený fosfát	144,9	0,1	—	9,23	115	0,1	—	0,256	57,5	0,5	—	15,60
Rhenania Tavený fosfát	144,9	0,5	—	4,45	115	0,5	—	0,144	57,5	0,25	—	0,57
Rhenania Tavený fosfát	144,9	—	0,3	14,55	115	—	0,3	0,234	57,5	—	0,15	64,52
Rhenania Tavený fosfát	144,9	—	1,5	27,95	115	—	1,5	0,140	57,5	—	0,75	95,56
Fosforečnan železitý	142,5	—	—	6,79	50	—	—	6,26	57,5	—	—	33,56
Fosforečnan hlinitý	287,0	—	—	7,84	115	—	—	3,31	57,5	—	—	26,17

Naproti tomu značně lépe se rozpouštěl fosfor z fosforečnanů hlinitých a železitých a zejména čerstvě vysrážené formy fosforečnanu hlinitého byly velmi dobře rozpouštěny. Vyplývá to zřejmě ze schopnosti fluoridových iontů v činidle obsažených vytvářet pevné komplexy hexafluorohlinité.

Olsenovo činidlo, roztok kyselého uhličitanu sodného s pH upraveným hydroxidem sodným na hodnotu 8,5, tedy jediné alkalické činidlo, rozpustilo z taveného fosfátu, fosforečnanu hlinitého a fosforečnanu železitého pouze nepatrné množství fosforu. Samotný superfosfát byl rozpuštěn téměř úplně, ovšem i zde pravděpodobně došlo vzhledem k pH prostředí k sekundární reakci, k hydrolýze monokalciumfosfátu v superfosfátu obsaženém na bazičtější formy, pravděpodobně dikalciumfosfát. Ani čerstvě vysrážené fosforečnany hlinité nejsou podstatněji tímto činidlem rozpouštěny. Poměrně velké množství fosforu, zjištěné při extrakci superfosfátu při přidavku zejména železitých a částečně hlinitých iontů, nelze hodnotit jako míru rozpustnosti čerstvě vysrážených fosforečnanů hlinitých a železitých, neboť vysoké pH systému mohlo brzdit tvorbu těchto sloučenin. Naznačuje to rovněž nižší výtěžek extrakce při vyšší hladině Fe^{3+} či Al^{3+} iontů (zlepšené podmínky pro tvorbu fosforečnanů těchto kovů) a kromě toho i vyšší výtěžek fosforu po extrakci v systémech s ionty želežitými ve srovnání s těmi, které obsahovaly ionty hlinité. Je známo, že hlinité ionty mohou vázat pevně fosfor i při hodnotách pH vyšších než 6,5, tj. v oblasti pH, kde ionty železité vytvářejí nerozpustné hydroxidy a fosforečné ionty mohou vázat pouze labilní povrchovou adsorpci.

Závěrem je třeba nejprve upozornit na to, že interpretaci výše uvedených výsledků je třeba provádět velmi obezřetně a je nutné mít stále na zřeteli různost reakčních podmínek (zejména pH) v jednotlivých systémech, neboť v takto založených pokusech chybí jeden velmi podstatný faktor, a to pufrací, sorpční a zředovací vlastnosti půdy. Domníváme se však, že lze na základě zjištěných hodnot vyvodit několik platných závěrů. V první řadě to je schopnost Egnérova činidla kvantitativně rozpustit fosfor i z tak málo reaktivní formy jako je dikalciumfosfát. Tato vlastnost může být v praxi velmi nepříjemná, protože Egnérova metoda pak může udávat vysoké hodnoty pro zásobenost půdy fosforem i v případech, kdy bylo hnojeno málo reaktivními hnojivy, jako jsou hnojiva obsahující dikalciumfosfát nebo surové fosfáty, a reakce rostlin této „zásobenosti“ odpovídat nebude. Dikalciumfosfát není hnojivem, které by bylo za určitých podmínek rychle využitelné a ani jeho reakce s půdou nemusí být příliš rychlá; Egnérova metoda by nám však v každém případě mohla ukazovat vysokou zásobu rostlinám přijatelného fosforu. Dále se zde prokázala rozdílnost mezi čerstvě vysráženými a zestárlými formami fosforečnanů hlinitých a železitých. Ukazuje se, že čerstvě vysrážené formy jsou mnohem lépe rozpustné a v důsledku toho i rostlinám lépe přijatelné. Exkrety rostlinných kořenů obsahují rovněž komplexotvorné látky a jak plyne z výsledků extrakce fluoridovým činidlem podle Braye a Kurtze, jsou čerstvě vysrážené, koloidní formy mnohem snáze atakovatelné.

O činidle podle Olsen a lze říci, že není výrazně specifické pro žádnou formu hnojiva a extrahované množství fosforu odpovídá v podstatě rozpustnosti té které formy fosforečného hnojiva ve vodě. Poměrně více fosforu proti očekávání bylo vyloučeno z čistého dikalciumfosfátu; to mohlo být způsobeno hydrolýzou dikalciumfosfátu na bazičtější fosforečnan vápenatý, při níž je uvolňována kyselina fosforečná. Tento proces by byl však v přítomnosti půdy zřejmě alespoň částečně potlačen.

ZÁVĚRY

1. Egnérovou metodou byl v podmínkách pokusu vyloužen veškerý fosfor ze superfosfátu a z dikalciumfosfátu. Z taveného fosfátu Rhenanio bylo vylouženo pouze 19 %. Přídavek hlinitých iontů k suspenzím uvedených hnojiv extrahovatelnost P nesnížil, v případě taveného fosfátu dokonce zvýšil. Přídavek železitých iontů k hnojivům měl ve všech případech depresivní účinek na extrahovatelnost P.

2. Metodou podle B r a y e byl kvantitativně vyloužen fosfor pouze ze superfosfátu; z dikalciumfosfátu bylo vylouženo 71 %, z Rhenanio fosfátu 21 % P. Přídavek hlinitých iontů měl výrazně pozitivní účinek na extrahovatelnost P. Přídavek železitých iontů měl za následek snížení extrahovatelnosti.

3. Metodou podle O l s e n a bylo vylouženo 90 % P ze superfosfátu a 31 % P z dikalciumfosfátu. Pouze nepatrné množství P bylo vylouženo z taveného fosfátu (0,2 %). Přídavek jak železitých, tak hlinitých iontů měl za následek depresi v extrahovatelnosti P.

4. Fosfor z pevného $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ byl nejlépe vyluhován metodou podle B r a y e (vylouženo přibližně 30 % P), Egnérovou a Olsenovou metodou bylo z těchto solí vylouženo jen malé množství P.

Literatura

- BRAY R. H., KURTZ L. T., 1945, Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59 : 39—45.
EGNER H., cit. LANÍK, HALADA., 1956, Rozbory půd. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
OLSEN S. R., COLE C. V., WATANABE F. S., DEAN L. A., 1954, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circ. č. 939.

Došlo dne 7. 1. 1970

PIRKL J., NOVOZÁMSKÝ I. *Extrahovatelnost některých fosforečných solí metodami pro stanovení přístupného fosforu*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 493-498, 1970. V laboratorních pokusech byla zjišťována schopnost vyluhovadel navržených Egnérem, Olsenem, Brayem a Kurtzem pro extrakci přijatelného půdního fosforu rozpouštět fosfor ze superfosfátu, dikalciumfosfátu, fosfátu Rhenania, fosforečnanu hlinitého a fosforečnanu železitého. Současně byl sledován vliv přídavku hlinitých a železitých iontů k některým z těchto hnojiv na množství P rozpuštěného v jednotlivých činidlech. Laktátem vápenatým (Egnér) byl vyloužen všechn P ze superfosfátu a z dikalciumfosfátu. Z Rhenania fosfátu bylo vylouženo 19 % P. Přídavek hlinitých iontů k suspenzím těchto hnojiv extrahovatelnost nesnížil, přídavek železitých iontů měl na extrahovatelnost P negativní vliv. Brayovým činidlem byl kvantitativně vyloužen P pouze ze superfosfátu. Z dikalciumfosfátu bylo vylouženo 71 %, P, z Rhenania fosfátu 21 % P. Přídavek hlinitých iontů měl pozitivní vliv na extrahovatelnost, přídavek železitých iontů extrahovatelnost snížil. Olsenov činidlo vyloužilo 90 % P ze superfosfátu a 31 % P z dikalciumfosfátu. Pouze nepatrné množství bylo vylouženo z Rhenania fosfátu (0,2 %). Přídavek jak hlinitých, tak i železitých iontů extrahovatelnost snižoval. Fosfor z $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a z $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ byl nejlépe vyluhován. Brayovým činidlem (přibližně 30 % P), obě další činidla vyloužila jen malé množství P.

hnojiva; fosfor; rozpustnost; metody agrochemického zkoušení půd

ПИРКЛ Й., НОВОЗАМСКИЙ И. (Научно-исследовательские институты растениеводства, Институт питания растений, Прага-Рузыне). Экстрагируемость некоторых фосфорных солей методами определения доступного фосфора. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 493-498, 1970.

В лабораторных опытах определялась способность выщелачивателей, предложенных Эгнером, Олсеном, Браем и Курцем, для экстракции доступного почвенного фосфора, растворять фосфор из суперфосфата, дикальцийфосфата, фосфата-ренания, фосфата алюминия и железа. Одновременно изучалось влияние добавления алюминиевых и железных ионов в некоторые эти удобрения на количество Р, растворенного в отдельных реактивах. Лактат кальция (Эгнер) выделил вес Р из суперфосфата и дикальцийфосфата. Из фосфата-ренания было выделено 19 % Р. Добавление ионов алюминия в суспензии этих удобрений не понижало экстрагируемости, однако ионы железа отрицательно действовали на экстрагируемость Р. Реактив Брайя только количественно выделял Р из суперфосфата. Из дикальцийфосфата было выделено 71 % Р, из фосфата-ренания — 21 % Р. Добавление ионов алюминия благоприятно действовало на экстрагируемость, однако ионы железа понижали экстрагируемость. Реактив Олсена выделял 90 % Р из суперфосфата и 31 % Р из дикальцийфосфата. Из фосфата-ренания было выделено только незначительное количество (0,2 %). Добавление как алюминиевых ионов, так и железных понижало экстрагируемость. Фосфор из $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и из $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ лучше всего выделялся реактивом Брайя (приблизительно 30 % Р), остальные два реактива выделяли только небольшое количество Р.

удобрения; фосфор; растворимость; методы агрохимического испытания почв

Adresa autorů:

RNDr. Jiří Pírk l, Ivo Novozá m s k ý, prom. chemik, VÚRV, Ústav výživy rostlin, Praha — Ruzyně

OBSAH PŘIJATELNÉ KYSELINY FOSFOREČNÉ V PŮDĚ JAKO JEDEN Z HLAVNÍCH UKAZATELŮ VÝVOJE PŮDNÍ ÚRODNOSTI

O. MAZANEC

MAZANEC O. (Central Agricultural Control and Testing Institute, Prague). *The Content of Allowable Phosphoric Acid in Soil as One of the Main Indices of the Development of Soil Fertility*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 499-503, 1970.

The following conclusions were drawn from the examination of the effect of available P_2O_5 reserve on the yield of lucerne and spring barley carried out in 1332 plots in the beet-growing region: 1. Of the agrochemical properties of soils subject to study, the content of available P_2O_5 is the most valuable index of the general state of a certain soil entity. 2. The intensification process, evaluated according to the reserve of available P_2O_5 in soil, has a slow course when the rate of fertilizing is up to 100 kg of pure nutrients (p. n.) per ha (NPK-fertilization): when this rate is about 150 kg of p. n. (NPK) per ha, there are more pronounced changes in the form of an improvement of the agrochemical properties of soils. 3. The development of the agrochemical properties of soils is more marked in the beet-growing region. 4. The main course to be taken in the efforts for increased soil fertility is (from agrochemical point of view) that using an increased content of available P_2O_5 in soil.

agrochemical testing of soils; content of available P_2O_5 in soil

Výsledky agrochemického zkoušení půd byly a dosud jsou využívány převážně jako podklad pro sestavování plánu hnojení v zemědělských podnicích. Statistické údaje charakterizující agrochemické vlastnosti půd zemědělských podniků a větších správních celků (okresy, kraje) dále sloužily v době přidělového systému jako jedno z hlavních vodítek pro rovnoměrnou distribuci průmyslových hnojiv fosforečných, draselných a vápenatých. V současné době však využití výsledků agrochemického zkoušení půd pro určování dávek hnojiv k jednotlivým plodinám dostává při stoupající intenzitě hnojení stále podružnější charakter. V období vysokých dávek průmyslových hnojiv je nutno počítat se změnami v dávkování i způsobech aplikace hnojiv. V budoucnu půjde zejména o zvýšení a později o udržení dosažené hladiny živin v půdě a celkového stavu agrochemických vlastností půd. Pro praktické řízení průběhu tohoto intenzifikačního procesu bude nezbytné mít k dispozici dostatečně přesnou informaci o tom, ve které fázi tohoto procesu se daná půda nalézá. Pramenem této informace mohou být právě výsledky agrochemického zkoušení půd, které má velkou přednost v jednoduchosti a expeditivnosti, což je důležitý faktor při uvažovaném velkém rozsahu sledování vývoje půdní úrodnosti.

Vzhledem k různým výhradám k výsledkům agrochemického zkoušení půd (týkajícím se zejména u nás používaných analytických metod) provedli jsme průzkum, jehož účelem bylo ověření, do jaké míry vyjadřují zjišťované agrochemické vlastnosti půd daný stav půdní úrodnosti.

Průzkum zaměřený k tomuto účelu jsme prováděli v řepařské oblasti u 636 pozemků s cukrovkou a 696 pozemků s jarním ječmenem. U obou plodin se závislost mezi sledovanou agrochemickou vlastností (půdní reakce, obsah přijatelného fosforu a drasla) a výnosem výrazně projevila u obsahu přijatelné P_2O_5 .

I. Průměrné výnosy cukrovky v závislosti na obsahu P_2O_5 v půdě. — Average yields of sugar-beet in dependence on the content of P_2O_5 in soil

Intenzita hnojení	Průměrné dávky hnojiv v kg č. ž./ha			Průměrná zásoba P_2O_5 v mg/100 g podle Egnéra	Výnos		Počet sledovaných pozemků
	N	P_2O_5	K_2O		v q/ha	%	
I.	54	58	102	3,1	232,0	100	78
	53	59	59	98	272,1	117,3	92
	52	64	103	14,5	285,2	122,9	73
II.	80,2	69,2	99,3	2,7	236,4	100	64
	80,8	64,2	105,8	7,4	268,2	113,4	54
	80,7	72,8	106,7	13,1	290,5	122,9	53
III.	116,0	73,2	122,4	3,4	239,8	100	64
	121,0	79,1	121,5	7,2	273,1	113,9	79
	120,0	82,1	143,0	13,9	278,6	116,2	79

Pozemky, u kterých byly sledovány výnosy cukrovky, byly rozděleny do tří skupin podle intenzity hnojení dusíkatými, fosforečnými a draselnými hnojivy. Každá z těchto skupin pozemků byla rozdělena do tří podskupin podle zásoby přijatelné P_2O_5 v půdě, a to do 5 mg, 5,1–9,0 mg a nad 9,0 mg (tabulka I). Z uvedených hodnot zřetelně vyplývá jednoznačná tendence v reakci cukrovky na obsah přijatelné P_2O_5 v půdě, a to ve všech kategoriích intenzity hnojení. U druhé intenzity hnojení byl tento vztah statisticky průkazný a je možno jej vyjádřit jednoduchou regresní rovnicí $y = 232,4 + 4,1 x$. Jako rozhodující se ukázala zásoba přijatelné P_2O_5 9 mg, neboť v rozpětí 1–9 mg byly zjištěny podstatně vyšší přírůstky výnosů na 1 mg P_2O_5 než u pozemků se zásobou této živiny nad 9 mg.

Obdobná tendence jako u cukrovky byla zjištěna také u jarního ječmene. Rovněž v tomto případě byly pozemky rozděleny do tří skupin podle intenzity hnojení průmyslovými hnojivy a každá z nich opět na tři podskupiny podle zásoby přijatelné P_2O_5 v půdě, a to první skupina do 4 mg, druhá 4,1–8,0 mg a třetí se zásobou nad 8 mg (tabulka II). Zjištěné údaje potvrdily předpokládaný soulad mezi zvyšujícími se výnosy ječmene a stoupajícím obsahem přijatelné P_2O_5 v půdě. U skupin pozemků se střední a vyšší intenzitou hnojení byl zjištěn vztah mezi výnosem a zásobou přijatelné P_2O_5 statisticky průkazný a je možno jej vyjádřit regresní rovnicí $y = 26,06 + 0,20 x$, resp. $y = 17,70 + 0,65 x$. I u ječmene se pro výnos ukázal jako rozhodující přechod od půd s malou zásobou přijatelné P_2O_5 k půdám se střední zásobou této živiny. Přírůstky výnosů na 1 mg P_2O_5 v půdě byly podstatně vyšší při zvyšování zásoby přijatelné P_2O_5 do hladiny 6 mg než při dalším zvyšování nad tuto hladinu.

Z uvedených výsledků vyplývá, že u obou sledovaných plodin — cukrovky a jarního ječmene — v řepařské oblasti je zřejmá závislost mezi výnosy a zá-

II. Průměrné výnosy jarního ječmene v závislosti na obsahu P_2O_5 v půdě. — Average yields of spring barley in dependence on the content of P_2O_5 in soil

Intenzita hnojení	Průměrné dávky hnojiv v kg č. ž./ha			Průměrná zásoba P_2O_5 v mg/100 g podle Egnéra	Výnos		Počet sledovaných pozemků
	N	P_2O_5	K_2O		v q/ha	%	
I.	8	39	57	2,4	26,3	100	92
	7	35	53	6,3	27,7	105,3	134
	5	39	54	13,1	29,0	110,2	153
II.	31	42	66	2,4	21,8	100	84
	31	38	62	5,7	24,7	113,3	77
	29	39	56	14,2	25,8	118,3	75
III.	51	47	81	2,4	19,3	100	33
	57	52	77	5,8	23,3	120,7	26
	58	53	93	12,7	23,8	123,3	22

sobou přijatelné P_2O_5 v půdě stanovené Egnérovou metodou. Vzhledem ke stejné úrovni hnojení v jednotlivých sledovaných podskupinách o různé zásobě přijatelné P_2O_5 v půdě lze pokládat zásobenost půd touto živinou za hlavní faktor, který při dané intenzitě hnojení byl v řepařské oblasti rozhodující pro výši výnosu.

Obdobné závěry vyplynuly ze studie provedené v r. 1966. Tato studie byla sice zaměřena metodicky zcela odlišně, i v tomto případě však byl pozorován přímý vztah mezi výnosy a obsahem přijatelné P_2O_5 v půdě. Vztah byl velmi výrazný v řepařské a kukuřičné oblasti, méně v oblasti bramborářské a horské.

DOSAVADNÍ VÝVOJ PŮDNÍ ÚRODNOSTI V ČSR

Vývoj půdní úrodnosti v ČSR hodnocený podle podílu půd s malou zásobou přijatelné P_2O_5 je možno rozdělit do dvou etap (tabulka III), odlišných intenzitou dávek průmyslových hnojiv. V první etapě zahrnující 1. a 2. cyklus agrochemického zkoušení půd (1956—1960 a 1961—1965), charakterizované nižší intenzitou hnojení (přibližně 100 kg č. ž./ha), nedošlo k výrazným změnám v podílu půd s malou zásobou přijatelné P_2O_5 , a to zejména v krajích s převahou bramborářské výrobní oblasti. V druhé etapě (tj. tříleté období 1966—1968) dochází zřejmě v důsledku vyšších dávek průmyslových hnojiv (v průměru 146 kg č. ž./ha) a vyšší úrovně celkové agrotechniky k výraznějšímu úbytku půd málo zásobených přijatelnou P_2O_5 , a to i v krajích s převládajícím bramborářským výrobním typem.

Zvýšení obsahu přijatelné P_2O_5 vyjádřené v mg/100 g půdy je v obou hlavních výrobních oblastech ČSR relativně stejné. Tyto hodnoty byly zjišťovány

u 65 namátkově vybraných zemědělských podniků v bramborářské oblasti a u 55 podniků v řepařské výrobní oblasti. V období 1961–1965 byl u těchto podniků zjištěn průměrný obsah P_2O_5 v bramborářské oblasti 3,6 mg (11 256 půdních vzorků), v řepařské 8,6 mg (10 023 vzorků). V tříletém období současného cyklu byl u stejných podniků zjištěn v bramborářské oblasti průměrný obsah 5,0 mg P_2O_5 (7961 vzorků) a v řepařské oblasti 11,0 mg P_2O_5 (6486 vzorků). Zvýšení absolutního obsahu P_2O_5 činí v bramborářské oblasti 36 % a v řepařské oblasti 28 %.

III. Podíl půd s malou zásobou přijatelné P_2O_5 v jednotlivých krajích ČSR. — The proportion of soils with a small reserve of available P_2O_5 in individual regions of Czechoslovakia

Kraj	Procentický podíl výměry zemědělské půdy s malou zásobou přijatelné P_2O_5		
	1956–1960	1961–1965	1966–1968
Středočeský	63,7	57,6	45,8
Jihočeský	91,7	91,2	80,3
Západočeský	86,0	85,9	82,4
Severočeský	65,7	49,2	36,1
Východočeský	82,3	81,5	71,8
Jihomoravský	70,0	67,0	56,6
Severomoravský	82,4	82,6	72,0

Zlepšení stavu zásobenosti půd přijatelnou P_2O_5 , ke kterému došlo v průběhu hodnocených 13 let, není jistě pouze důsledkem zvyšujících se dávek fosforečných hnojiv (z 18 kg na 40 kg č. ž./ha). V tomto procesu se zřejmě příznivě uplatnily i jiné vlivy, např. intenzivnější vápnění kyselých půd, lepší využívání statkových hnojiv a celkově vyšší úroveň agrotechniky. Z toho vyplývá, že agrochemické vlastnosti půd (zvláště zásoba přijatelné P_2O_5 a stupeň půdní reakce) mohou být jedním z prostředků ke kontrole účinnosti všech opatření uplatňovaných v agrotechnice. Na druhé straně však nelze vyloučit nezbytnost řešení metodických problémů, které se v agrochemickém zkoušení půd u nás vyskytují, zejména v otázce vhodnější analytické metody pro stanovení obsahu přijatelné P_2O_5 v půdách, typických pro bramborářskou výrobní oblast.

Literatura

- BERGMANN W., 1965, Die Bedeutung der Nährstoffuntersuchungen der Böden für die Bodenfruchtbarkeit. Berlin, Sitzungsberichte DLAW, 14, seš. 9.
 DURINA Š., 1969, K problémom efektívnosti priemyselných hnojív. Agrochémia, 9: 9–10.

- NĚMEC A., MAZANEC O., 1967, Studium vzájemných vztahů mezi agrochemickými vlastnostmi orníc, hnojením a výnosy plodin. Rostl. výroba, 13, 3 : 285-296.
—, 1968, Vyhodnocení výsledků 2. cyklu agrochemického zkoušení půd z hlediska vývoje půdní úrodnosti. Rostl. výroba, 14, 11-12 : 1057-1068.

Došlo dne 15. 1. 1970

MAZANEC O. *Obsah přijatelné kyseliny fosforečné v půdě jako jeden z hlavních ukazatelů vývoje půdní úrodnosti.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 499-503, 1970.

Z průzkumu vlivu zásoby přijatelné P_2O_5 na výnos cukrovky a jarního ječmene, provedeného u 1332 pozemků v řepařské výrobní oblasti, vyplynuly následující závěry: 1. Ze sledovaných agrochemických vlastností půd je obsah přijatelné P_2O_5 nejvhodnějším ukazatelem celkového stavu určitého půdního celku; 2. intenzifikační proces hodnocený zásobou přijatelné P_2O_5 v půdě probíhá při intenzitě hnojení do 100 kg č. ž./ha NPK povolna. Při intenzitě okolo 150 kg č. ž./ha NPK je možno pozorovat výraznější změny ve zlepšení agrochemických vlastností půd; 3. vývoj agrochemických vlastností půd je výraznější v řepařské výrobní oblasti; 4. hlavním směrem ve zvyšování půdní úrodnosti z hlediska agrochemického je zvýšení přijatelné P_2O_5 v půdě.

agrochemické zkoušení půd; obsah přijatelné P_2O_5 v půdě

МАЗАНЕЦ О. (Центральный контрольно-испытательный сельскохозяйственный институт, Прага). Содержание усвояемой фосфорной кислоты в почве как один из главных показателей повышения плодородия почвы. Растлинная výroba (Praha) 16 (5) : 499-503, 1970.

На основании изучения запасов усвояемой P_2O_5 на урожай сахарной свеклы и ярового ячменя, произведенного на 1332 участках в свекловичной производственной области, выведены следующие заключения: 1. Из изучаемых агрохимических свойств почв содержание усвояемой P_2O_5 является самым подходящим показателем общего состояния определенного земельного участка; 2. процесс интенсификации, характеризованный запасом приемлемой P_2O_5 в почве, при интенсивности удобрения до 100 кг действ. вещ./га NPK протекает постепенно. При интенсивности около 150 кг действ. вещ./га NPK можно наблюдать более отчетливые изменения при улучшении агрохимических свойств почв; 3. развитие агрохимических свойств почв сильнее проявляется в свекловичной производственной области; 4. главным направлением в повышении плодородия почвы с агрохимической точки зрения является повышение усвояемой P_2O_5 в почве.

агрохимический анализ почв; содержание усвояемой P_2O_5 в почве

Adresa autora:

Ing. O. Mazanec, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha 8, Sokolovská 1

**Výběr z nových přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTI
z úseku rostlinná výroba**

Uvedené publikace je možno si vypůjčit osobně i písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, Praha 2, Slezská 7. Výpůjční doba: pondělí — pátek 9—18 hod. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

Witter, B. E 11.466/16/8
Untersuchungen über die Verbesserung des Nährstoffzustandes der Böden in Verbindung mit der Auswertung der systematischen Bodenuntersuchung. Berlin, DALW 1967. Sitzungsberichte Bd. 16. Hf. 8. 47 s. — 23 tab. (Půda — živiny — obsah — úrodnost — vztahy — výzkum)

Wit, C. T. de D 32.829/390
Plant production. Wageningen, Inst. voor biolog. en scheikundig onderzoek van landbouwgewassen 1968. Mededeling 390. S. 25-50, — obr. (Výnosy hospodářských rostlin — zvyšování — možnosti — výzkum)

Gribkova, N. G. D 57.127
Povyšeniye urožajnosti putem effektivnogo ispol'zovaniya osadkov. Leningrad, Gidrometeorologičeskoje izdatel'stvo 1969. 93 s. — 29 obr. 26 tab. (Rostliny — voda a půda — vztahy — brožury / Polyamidové sloučeniny — půda — struktura umělá — vlastnosti)

Ovčarov, K. Je. D 57.720
Fiziologičeskiye osnovy vschožesti semjan. Moskva, Nauka 1969. 278 s. — 25 obr. 36 tab. (Klíčení — fyziologie — příručky)

Louwerse, W. — Oorschot, J. L. P. van D 32.829/400
An assembly for routine measurements of photosynthesis, respiration and transpiration of intact plants under controlled conditions. Wageningen, IBS 1969. Mededeling 400. 305-315 s. — 4 obr. (Transpirace rostlin, fotosynthesa a dýchání rostlin — měření nepřetržité — výzkum)

C 19.081
Obščije teoretičeskiye problemy biologičeskoj produktivnosti. Leningrad, Nauka 1969. 191 s. — obr. příl. (Fotosynthesa — rostliny — účinnost — sborníky)

PRÍSPĚVEK K OTÁZCE VLIVU OBSAHU SKELETU V ORNIČNÍM PROFILU NA OBSAH PŘIJATELNÝCH ŽIVIN

M. PEŠÁK

PEŠÁK M. (Central Agricultural Control and Testing Institute, Prague). *On the Problem of the Effect of Skeleton Content in the Topsoil Profile on the Content of Available Nutrients*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 505-512, 1970.

The research was undertaken in order to study the relations between the content of nutrients in the all-round proportion of fine-soil in the topsoil profile of different depth, on the one hand, and the yield achieved and the doses of fertilizers applied to soils with different contents of skeleton, on the other. A highly significant dependence was found between the all-round reserve of available P_2O_5 , expressed in kg/ha of fine-soil of the topsoil profile, and the yield of wheat (correlation coefficient $r = 0.721$). The information obtained makes it possible to extend the commonly used expressing of the content of nutrients by the total nutrient content in the whole fine-soil proportion of the topsoil profile, particularly in soils with a higher content of skeleton. The existing method of the expression of the reserve of P_2O_5 in mg/100 g of fine-soil does not lose its importance in the investigation of the control of nutrient level development in soil, since in this case the point is a relative comparison after a certain elapse of time. However, in the practical application of fertilizers the way of expressing the nutrient reserve in kg/ha provides for a more realistic knowledge of the total amount of nutrients in that part of the topsoil profile which is grown-through by the roots of plants. This makes it possible to make economic considerations concerning the amounts of industrial fertilizers to be applied, taking into account the physical soil composition and the need of plants for nutrient supply required for a yield to be achieved.

agrochemical examination of soil; content of skeleton and fine-soil in the topsoil profile; content of available nutrients in soil

V období intenzivní chemizace zemědělské výroby se z pochopitelných důvodů dostávají do popředí zájmu zemědělských podniků ekonomické zásady využívání hnojiv. Výše používaných dávek hnojiv bude zcela logicky stále více ovlivňována i jejich ekonomickým efektem. Pro zemědělskou praxi to znamená komplexní přístup k využívání všech dosažitelných podkladů. V posledním období jsou některé práce věnovány otázkám nového přístupu k tzv. tradičním zvyklostem v zemědělské praxi. Na úseku agrotechniky zejména Straňák (1967) obrací pozornost na fyzikální vlastnosti půdy především na pórovitost nebo objemovou váhu v souvislosti s reakcí pěstovaných plodin.

Na úseku agrochemie, především v rámci agrochemického zkoušení půd, uvádí Duchoň (1948) za důležité pro praktickou aplikaci výsledků věnovat pozornost hloubce ornice a její objemové váze. Schönfeld (1941) a Köttgen (1943) zdůrazňují důležitost komplexního hodnocení všech faktorů při sledování obsahu přijatelných živin. Pozornost zasluhuje kromě jiného fyzikální a strukturní stav půdy. Značný význam má například i sorpce aniontů kyseliny

fosforečné jílovými minerály a jílovými podíly půd. Touto otázkou se u nás zabýval Pavel (1959). Otázka fixace a desorpce fixovaného fosforu představuje značný význam pro zvyšování efektivity použití fosforečných hnojiv. Při aplikaci výsledků agrochemického zkoušení půd se dosud podstatně nepřihlíželo k hloubce orničního profilu a k obsahu skeletu. Tato otázka je předmětem tohoto příspěvku.

PRACOVNÍ POSTUP A METODY

Na patnácti vybraných pozemcích s různými agrochemickými vlastnostmi, s rozdílnou hloubkou orničního profilu a s odlišným obsahem skeletu byly odebrány vzorky půd. Pěstovaná plodina byla ozimá pšenice ('Hadmerslebener Qualitas' a 'Kaštická osinatka'), předplodinou byl na všech pozemcích jetel červený. Dávky použitých průmyslových hnojiv se pohybovaly od 153 kg/ha č. ž. NPK do 235 kg/ha č. ž. NPK. Agrochemické vlastnosti půdy byly stanoveny metodami běžně používanými při agrochemickém zkoušení půd. Obsah skeletu byl stanoven ze vzorků o objemu 500 cm³ vyplavovací metodou.

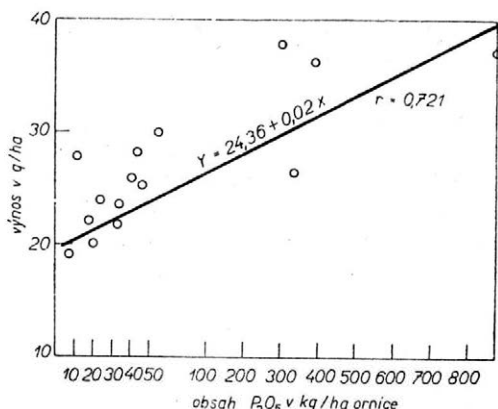
Údaje o obsahu přijatelných živin v půdě, udávané v mg/100 g jemnozeme, byly převedeny na kg/ha.

Přepoččet byl proveden tím způsobem, že na základě zjištěné hloubky ornice, objemové váhy ornice a podílu jemnozeme byla spočítána celková váha jemnozeme na ploše 1 ha. Z tohoto údaje a z analytického údaje o obsahu P₂O₅ v mg/100 g jemnozeme byl spočítán celkový obsah této živiny v kg/ha. Závislost mezi zjištěnými hodnotami a dosaženými výnosy byla ověřena výpočtem korelačního koeficientu.

PŘEHLED DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ A JEJICH HODNOCENÍ VE VZTAHU K PŘIJATELNÉ P₂O₅

Charakteristiku půdních vzorků dosažených výnosů a hloubky ornice uvádím v tabulkách I a II.

Mezi celkovou zásobou přijatelné P₂O₅, vyjádřenou v kg/ha orničního profilu a výnosem pšenice byla zjištěna vysoce průkazná závislost. Je dána hodnotou korelačního koeficientu $r = 0,721$. Průběh této závislosti, vyjádřený vztahem $y = 24,36 + 0,02 x$, kde $x = P_2O_5$ v ornici na ha, je uveden v grafu na obr. č. 1.



Obr. 1

Názorným příkladem jsou údaje u vzorků č. 1 a 11. U P₂O₅ byl zjištěn pouze malý rozdíl (4,5 a 5 mg/100 g), avšak přepočítaný obsah v celkové hmotě jemnozeme činí u vzorku č. 11 69,3 % proti vzorku č. 1. U K₂O byla zjištěna zásoba ve vzorku č. 11 o 5 mg nižší, ale přepočítaný obsah v celkové hmotě jemnozeme je 41,7 % (86 kg) proti obsahu ve vzorku č. 1 (206 kg).

Podobně průkazný vztah byl nalezen například mezi hnojením P₂O₅ a výnosy. Protože výnos je výslednicí působení komplexu faktorů, není toto blíže uváděno. Potvrzuje se však v tomto směru značná rezerva, která je podmíněna dalším studiem uvažovaných vztahů.

I.

Č. vzorku	Agrochemická charakteristika				Použité dávky hnojiv			Hloubka ornice cm	Výnos v q/ha	Celková váha vzorku g	Váha jemno- země g	Váha skeletu g
	pH	CaO/ha	P ₂ O ₅ mg/100 g	K ₂ O mg/100 g	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha					
1	6,9	—	4,5	15,0	60	45	80	20	29,8	1280	730	550
2	6,3	3	10,6	7,5	80	55	100	25	38,3	1070	940	130
3	7,2	—	22,7	11,6	53	45	90	29	37,0	1030	980	50
4	5,8	4,7	3	9	60	45	80	10	23,4	1360	620	740
5	5,2	10	2	16,4	50	40	75	10	22,5	1340	680	660
6	5,9	4	1	10	80	55	100	15	28,3	1130	710	420
7	5,8	5,4	0,9	10,5	48	40	65	10	19,0	1310	770	540
8	5,5	6	3,7	19,8	53	45	90	15	26,5	1350	630	720
9	6,7	2,4	2	15,0	60	45	80	20	25,4	1060	970	90
10	6,5	3	12	13	80	55	95	30	35,8	1040	940	100
11	6,9	—	5	10	50	40	75	15	28,2	1310	530	780
12	5,8	4,2	6	17	48	40	65	10	22,2	1050	320	730
13	7,1	—	19,0	12	53	45	90	20	26,2	1100	800	300
14	5,8	4	2	11	50	40	75	10	20,1	1310	700	610
15	5,9	5,2	3,5	8	48	40	65	15	23,8	1350	620	730

II.

Č. vzorku	Podíl jemnozemě v %	Kubatura ornice	Váha ornice v t	Váha v t jemnozemě	Na 1 tunu g P_2O_5	Kg K_2O na 1 ha	Kg P_2O_5 na 1 ha	Specifická váha půdy	Objemo- vá váha půdy	
1	57,0	2000	2420	1379	45	206	62	2,29	1,21	K
2	87,8	2500	3200	2810	106	211	298	2,33	1,28	H
3	95,1	2900	4031	3833	227	445	870	2,30	1,39	H
4	45,6	1000	1720	784	30	70	24	2,88	1,72	K
5	50,7	1000	1810	918	20	150	18	2,75	1,81	H
6	62,8	1500	1980	1243	10	124	12	2,10	1,32	K
7	58,8	1000	1600	941	9	99	8	2,42	1,60	K
8	46,7	1500	2325	1086	37	215	40	2,80	1,55	H
9	91,5	2000	2540	2324	20	349	46	2,34	1,27	H
10	90,4	3000	3600	3254	120	423	390	2,29	1,20	K
11	40,4	1500	2130	860	50	86	43	2,38	1,42	K
12	30,5	1000	1850	564	60	96	34	2,83	1,85	H
13	72,7	2000	2460	1788	190	304	340	2,25	1,23	H
14	53,4	1000	1880	1004	20	110	20	2,79	1,88	H
15	45,9	1500	2175	998	35	80	35	2,28	1,45	K

H = Hadmerslebener Qualitas

K = Kaštická osinatka

DISKUSE

Získané poznatky dávají možnost rozšířit dosud obvyklé vyjadřování živin v mg/100 g půdy o celkový obsah živin v celém podílu jemnozeme, především u půd s vyšším obsahem skeletu. Takový způsob posuzování by se měl uvažovat při provádění dlouhodobých hnojařských opatření melioračního charakteru a při ekonomickém hodnocení účinnosti navrhovaných dávek hnojiv pro půdy různého fyzikálního složení.

Dosažené výsledky potvrzují předpoklad Duchoně a pro ekonomiku hnojařských zásahů odůvodňují oprávněnost posuzování celkového obsahu přijatelných živin v celém podílu jemnozeme. Uvážíme-li nutnost hospodárné aplikace průmyslových hnojiv, jsou získané údaje jedním z nutných podkladů, které bude potřeba brát v rostlinné výrobě v úvahu. Pro malý počet sledovaných vzorků nelze však výsledky zatím zevšeobecňovat.

SOUHRN

Výsledky uvedené v tomto příspěvku mají za účel přispět k rozšíření poznatků pro ekonomickou aplikaci hnojiv. Na rozdíl od dosavadní praxe v agrochemickém zkoušení půd se tato práce zabývala vztahy mezi obsahem živin v celkovém podílu jemnozeme orničního profilu o různé hloubce, dosaženým výnosem a použitými dávkami hnojiv na půdách s různým obsahem skeletu.

Byla zjištěna vysoce průkazná závislost mezi celkovou zásobou přijatelné P_2O_5 , vyjádřenou v kg/ha jemnozeme orničního profilu, a výnosem pšenice (korelační koeficient $r = 0,721$).

Získané poznatky dávají možnost rozšířit dosud obvyklé vyjadřování obsahu živin o celkový obsah živin v celém podílu jemnozeme orničního profilu, zejména u půd s vyšším obsahem skeletu.

Dosavadní způsob vyjadřování zásoby P_2O_5 v mg/100 g jemnozeme neztrácí svůj význam při sledování kontroly vývoje hladiny živin v půdě, neboť v tomto případě se jedná o relativní srovnání v určitém časovém odstupu. Při praktické aplikaci hnojiv však způsob vyjádření zásoby živiny kg/ha umožňuje reálnější představu o celkovém množství živiny v té části orničního profilu, která je prostoupěna kořením rostlin. Získá se tak možnost ekonomické úvahy o výši dávek průmyslových hnojiv s ohledem na fyzikální složení půdy a na potřebu živin, nutnou pro požadovaný výnos plodiny.

Literatura

- DUCHOŇ F., 1948, Velká encyklopedie zemědělská. ČSAZ Praha.
KÖTTGEN P., 1943, Über die Abhängigkeit des leichtlöslichen Teils der Nährstoffe von dem jeweiligen Wassergehalt des Bodens. In: Bodenk. u. Pflanzenernäh. 29/74 : 323-342.
PAVEL L., 1959, Adsorpce a fixace fosforečnanových aniontů vysokodisperzními půdními součástmi a úloha chelátově aktivních látek v procesu jejich desorpce. In: Sb. VŠZ Praha : 239-251.
SCHÖNFELD A. u. DÖMÖTÖR E., 1941, Über die Bestimmung des Düngerbedürfnisses von Böden im Laboratorium. In: Bodenk. u. Pflanzenernäh. 25/70 : 178-190.
STRAŇÁK A., 1967, K některým otázkám teorie zpracování půdy. II. Reakce ozimé pšenice v závislosti na objemové váze půdy. In RV, 13 (XL), 6 : 603-620.

Došlo dne 19. 1. 1970

PEŠÁK M. *Příspěvek k otázce vlivu obsahu skeletu v orničním profilu na obsah přijatelných živin*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 505-512, 1970.

Práce se zabývala vztahy mezi obsahem živin v celkovém podílu jemnozemě orničního profilu o různé hloubce, dosaženým výnosem a použitými dávkami hnojiv na půdách s různým obsahem skeletu. Byla zjištěna vysoce průkazná závislost mezi celkovou zásobou přijatelné P_2O_5 , vyjádřenou v kg/ha jemnozemě orničního profilu a výnosem pšenice (korelační koeficient $r = 0,721$). Získané poznatky dávají možnost rozšířit dosud obvyklé vyjadřování obsahu živin o celkový obsah živin v celém podílu jemnozemě orničního profilu, zejména u půd s vyšším obsahem skeletu. Dosavadní způsob vyjadřování zásoby P_2O_5 v mg/100 g jemnozemě neztrácí svůj význam při sledování kontroly vývoje hladiny živin v půdě, neboť v tomto případě se jedná o relativní srovnání v určitém časovém odstupu. Při praktické aplikaci hnojiv však způsob vyjádření zásoby živin kg/ha umožňuje reálnější představu o celkovém množství živiny v té části orničního profilu, která je prostoupěna kořenním rostlin. Získá se tak možnost ekonomické úvahy o výši dávek průmyslových hnojiv s ohledem na fyzikální složení půdy a na potřebu živin nutnou pro požadovaný výnos plodiny.

agrochemické zkoušení půd; obsah skeletu a jemnozemě v orničním profilu; obsah přijatelných živin v půdě

ПЕШАК М. (Центральный контрольно-испытательный сельскохозяйственный институт, Прага). К вопросу о влиянии содержания скелета в пахотном профиле на содержание питательных веществ. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 505-512, 1970.

Работа посвящена взаимоотношениям между содержанием питательных веществ в общем профиле мелкозема пахотного профиля на разной глубине, достигнутым урожаем и применяемыми дозами удобрений в почвах с разным содержанием скелета. Была установлена достоверная зависимость между общим запасом доступной P_2O_5 , выраженным в кг/га мелкозема пахотного профиля, и урожаем пшеницы (коэффициент корреляции $r = 0,721$). Полученные сведения дают возможность дополнить применяемое до сих пор выражение содержания питательных веществ общим содержанием питательных веществ во всем профиле мелкозема пахотного профиля, особенно в почвах с более высоким содержанием скелета. Существующий способ выражения запаса P_2O_5 в мг/100 г мелкозема не теряет своего значения при контроле меняющейся величины питательных веществ в почве, так как в этом случае речь идет об относительном сравнении в определенном отрезке времени. При практическом применении удобрений, однако, способ выражения запаса питательных веществ кг/га дает возможность реально представить общее количество питательных веществ в той части пахотного профиля, через которую проходят корни растений.

Таким образом, будут получены экономические соображения о размере доз промышленных удобрений, учитывая физический состав почвы и потребность в питательных веществах, необходимость для требуемого урожая культуры.

агрохимические испытания почв; содержание скелета и мелкозема в пахотном профиле; содержание доступных питательных веществ в почве.

PEŠÁK M. (Zentrale landwirtschaftliche Kontroll- und Prüfungsanstalt, Prag). *Beitrag zur Frage des Einflusses des Skelettgehaltes im Ackerkrumenprofil auf den Gehalt der aufnehmbaren Nährstoffe*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 505-512, 1970.

Die Arbeit befaßte sich mit den Beziehungen zwischen dem Nährstoffgehalt im Gesamtanteil der Feinerde des Ackerkrumenprofils von verschiedener Tiefe, mit den erreichten Erträgen und angewandten Düngergaben auf den Böden mit verschiedenem Skelettgehalt. Es wurde eine hoch signifikante Abhängigkeit zwischen dem gesamten Vorrat des aufnehmbaren P_2O_5 , ausgedrückt in kg/ha Feinerde des Ackerkrumenprofils und dem Weizenantrag (Korrelationskoeffizient $r = 0,721$) festgestellt. Die gewonnenen Erkenntnisse geben eine Möglichkeit, die bisher übliche Äußerung des Nährstoffgehaltes zu verbreiten und zwar um den gesamten Nährstoffgehalt im ganzen Feinerdeanteil des Ackerkrumenprofils, besonders bei Böden mit einem höheren Skelettgehalt. Die bisherige Art der Vorratsäußerung des P_2O_5 in mg/100 g Feinerde verliert nicht ihre Bedeutung bei der Verfolgung der Kontrolle der Nährstoffspiegelentwicklung im Boden, da es sich in diesem Falle um

den relativen Vergleich ni bestimmtem Zeitabstand handelt. Bei der praktischen Düngemittelapplikation ermöglicht jedoch die Äußerungsart des Nährstoffvorates kg/ha eine reellere Vorstellung über die Gesamtmenge der Nährstoffe in dem Teil des Ackerkrumenprofils, der vom Wurzelnetz durchdringt ist. Es wird so eine Möglichkeit der ökonomischen Erwägung über die Höhe der Gaben von Handelsdüngern mit Rücksicht auf die physikalische Zusammensetzung des Bodens und auf den Nährstoffverbrauch, der für den erfordernten Ertrag der Fruchtarten notwendig ist, gewonnen.

agrochemische Bodenprüfung; Skelett- und Feinerdegehalt im Ackerkrumenprofil; Gehalt an aufnehmbaren Nährstoffen im Boden

Adresa autora:

Ing. Miloš Pešák, CSc., Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha 8, Sokolovská 1

Výběr z nových přírůstků
Ústřední zemědělské a lesnické knihovny ÚVTI
z úseku rostlinná výroba

Uvedené publikace je možno si vypůjčit osobně i písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, Praha 2, Slezská 7. Výpůjční doba: pondělí—pátek 9—18 hod. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

Ballatore, G. P. — Caruso, P. D 55.447/54
 Mutanti di *Triticum durum* Desf. ottenuti da radiazioni prodotte in un reattore nucleare. Palermo, Inst. di agron. generale dell'Univ. degli studi. S. 65-81. 7 tab. (Pšenice tvrdá — mutace radioaktivní — výzkum)

Wexelsen, H. D 27.550/48/24
 Studies on the genetic basis of spring and winter forms in diploid and tetraploid rye, (*Secale cereale*). — Studier over det genetiske grunnlag for vår — og vinterformer i diploid og tetraploid rug (*Secale cereale*). Vollebakk, Norges landbrukshøgskole 1969. Meldinger vol. 48, nr. 24. 14 s. — 1 obr. 6 tab. (Žito — polyploidie — genetické otázky — výzkum)

Tiunov, A. N. — Gluchich, K. A. — Chorkova, O. A. E 33.997
 Ozimaja rož. Moskva, Kolos 1969. 391 s. — 37 obr. 104 tab. (Žito ozimé — odrůdy, pěstování a šlechtění)

Winkler, H. E 24.543/319
 Untersuchungen zur Oekologie des Braugerstenanbaus in der Voreifel. Inaug. — Diss. d. Hohen Landw. Fak. d. Rhein. Fr. — Wilhelms-Univ. zu Bonn. Bonn, n. vl. 1968. 105 s. — 11 obr. 19 tab. (Ječmen sladařský — pěstování — ekologický výzkum)

Procenko, D. F. — Vlasjuk P. A. — Kološa, O. I. D 57.650
 Zimostojkost' zernovykh kultur. Moskva, Kolos 1969. 382 s. — 15 obr. 142 tab. (Zimovzdornost — obilniny — příručky)

Jakovlev, N. N. D 56.745
 Klimat i zimostojkost' ozimoj pšenicy v SSSR. Leningrad, Gidrometeorologičeskoje izd. 1966. 418 s. — 63 obr. 151+13 tab. (Pšenice ozimá — mrazuvzdornost — agroklimatické vlivy — příručky)

REAKCE LOUKY NA APLIKACI VYSOKÉ DÁVKY FOSFOREČNÝCH HNOJIV PŘI INTENZIVNÍ VÝŽIVĚ POROSTU

I. VÝNOSY PÍCE V PRVÝCH TŘECH LETECH

J. FRANČÍK, J. NEUBERG

FRANČÍK J.* NEUBERG J.** (The District Agricultural Association, Cheb,* Institute of Plant Nutrition, Prague-Ruzyně**). *The Response of Meadows to the Application of a High Dose of Phosphorous Fertilizers in an Intensive System of the Nutrition of Stand. I. Yields of Fodder in the First Three Years.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 513-524, 1970.

In a system of intensive nutrition (nitrogen and potassium applications) of a meadow stand with a predominance of grass components, different ways of phosphorous fertilization did not give rise to any significant differences in the yield of meadow fodder in the first three years. A higher total yield for the three years' period was achieved in variants with 500 kg of P_2O_5 applied at the beginning of the experiment in the form of superphosphate, both in the alternative trial with lime added and, in particular, in that without any lime added (the increases being +4.3 % and +11.3 % for the former and for the latter, respectively, in comparison with the P-fertilization-free variant). The application of lime raised the yield of green matter in all variants by 8.1 %, on the average for 3 years. There was a marked effect of the different years, as reflected in the level of yields. During the third year of the experiment, after the plots were divided into three parts, all variants of the experiment responded to the double increase of nitrogen-potassium applications by a significant increase of yields, in the range from 25.1 to 47.1 %, in comparison with the initial level of fertilization. Phosphorus applications, increased by 50 kg of P_2O_5 per ha, showed only a slight effect on yields, and the differences from the original level are insignificant.

meadows; fertilization; phosphoric acid; yields of fodder

Publikovaná práce je prvním sdělením o tříletých výnosových výsledcích z víceletého pokusu v podhorské oblasti hospodářství Zádub u Mariánských Lázní. Další tři sdělení budou postupně hodnotit výnos lučního porostu ve čtvrtém roce, změny v agrochemii půd a chemickou kontrolu sklizně.

Způsoby zabezpečení optimální fosforečné výživy rostlin z hlediska efektivní aplikace průmyslových fosforečných hnojiv jsou již desítky let předmětem zvýšené pozornosti agrochemického výzkumu.

Tato okolnost vyplývá z toho, že přijatelná kyselina fosforečná v půdě se často stává tzv. faktorem v minimu (Baier, Prokop 1968).

Vysoké jednorázové dávky fosforečných hnojiv mají svůj specifický význam, který vyplývá ze záměru, jehož cílem je dosáhnout (Ulrich 1963) buď předzásobního vyhnojení půdy kyselinou fosforečnou, nebo základního doplnění, obohacení půdy kyselinou fosforečnou.

Vzhledem k nepříznivému stavu přijatelné kyseliny fosforečné v půdách ČSSR (Němec, Mazanec 1968) lze přepokládat, že v nejbližší etapě by teoreticky měla mít jednostranná vysoká aplikace fosforečných hnojiv charakter převážně základního doplnění půdy P_2O_5 .

Problematika předzásobního a obohacovacího hnojení na orných půdách pro podmínky ČSSR a shrnutí zahraničních poznatků jsou obsaženy v pracích

Baiera a Prokopa (1968), Baiera, Smetánkové a Křišťana (1967), dále pak v dílčích pracích Kandery (1965), Kandery a Mechírové (1965), Jedličky a kolekt. (1967).

O aplikaci vysokých dávek fosforečných hnojiv na trvalých travních porostech ve výše uvedeném smyslu nejsou zatím v čs. literatuře soubornější vlastní údaje, i když výzkum některé tyto otázky řeší. Význam fosforečného hnojení obecně na loukách a pastvinách však připomínala řada našich autorů již v minulosti (Klečka 1932, Demela, Brada 1935, Duchoň 1942, 1948) i v posledních letech (Tomka, Pristaš, Amruš, Podolák 1963 aj.).

V zahraničí se zabýval problematikou předzásobního a obohacovacího hnojení na loukách a pastvinách Wacker (1964), Gericke (1965), Aufhammer a Knobloch (1966), Stocker a Gericke (1967), Prausse (1967).

MATERIÁL A METODA

Víceletý pokus s různým fosforečným hnojením byl založen na podzim r. 1965. Dvousečná louka je zařazena do I. kategorie (hospodářské členění), nachází se na mírně svažitém terénu v nadmořské výšce 750 m; průměrná roční teplota je 6,0 °C a dešťové srážky činí průměrně 750 mm za rok. Půda je středně těžká, hnědá s amfibolitovou mateční horninou.

Výchozí agrochemické vlastnosti půdy (0–20 cm):

obsah CaCO_3 %	pH v nKCl	potřeba vápnění v CaO q/ha	obsah přijatelných živin v mg na 100 g půdy	
			P_2O_5	K_2O
0	5,4	5,—	2,4	5

Stanoveno metodami ÚKZÚZ v Plzni pro soustavné agrochemické zkoušení půd (SAZP): P_2O_5 podle Egnéra, K_2O podle Schachtschabela.

Výchozí botanická skladba porostu louky (hlavní agrobotanické skupiny):

trávy %	vikvovité %	ost. byliny %	mechy a prázdná místa %
81	5,—	8,—	6,—

Stanoveno metodou projektivní dominance v období květu psárky luční (Maloch, Regal, Bureš, Klofera 1956).

Ve skupině trav největší podíl zaujímá psárka luční (*Alopecurus pratensis* L.), ovsík žlutavý (*Trisetum flavescens* P. B.), srha říznačka (*Dactylis glomerata* L.), kostřava červená (*Festuca rubra* L.) a lipnice (*Poa* sp.).

Uspořádání pokusu vychází z modifikované metody znárodněných bloků a dělených dílců, s cílem zabezpečit pokus provozními prostředky.

Základní údaje o organizaci pokusu:

Ukazatel	rok	
	1966—1967	1968
počet variant	8	24
velikost parcel	10 arů	3,33 arů
označení variant	A, B, C, D; A', B', C', D'	1 až 24
tvary parcel	čtverec	obdélník
počet parcel	16	48

Každá varianta je dvakrát opakována. Trojnásobný počet variant od r. 1968 vznikl rozdělením původních parcel (po 2 sklizňových letech) a dalším odlišným hnojením.

K hnojení byla použita hnojiva běžně dodávaná do provozu zemědělského závodu (po laboratorní kontrole).

Použitá hnojiva a data:

druh	dobu aplikace	dávka na 1 ha
Vápenatá hnojiva:		
mleté vápno	podzim 1965	28 q
rozpadlé kusové vápno	červen 1968	14 q
NPK hnojiva:		
močovina granulovaná	každoročně celá dávka v 1. polovině dubna	100, resp. 200 kg N
superfosfát práškový	jednorázově na podzim 1965	500 kg P ₂ O ₅
mletý fosfát	každoročně v říjnu ¹⁾ jednorázově na podzim 1965	50, resp. 100 kg P ₂ O ₅ 500 kg P ₂ O ₅
draselná sůl	každoročně v říjnu ¹⁾	70 resp. 140 kg K ₂ O

Na jaře po aplikaci hnojiv na povrch porostu byla louka lehce vláčena. Sklizeň 1. a 2. seče se uskutečnila v termínech obvyklých pro včasnou seč příslušné oblasti a fytocenózy.

Při různé úrovni a způsobu fosforečného hnojení byla jako základní uplatněna dávka 100 kg N a 70 kg K₂O, na třetině variant od r. 1968 200 kg N a 140 kg K₂O na 1 ha, vycházejí z údajů o vhodných poměrech živin v literatuře (Tomka, Pristaš, Ambuš, Podolák 1963). Přehled (popis) variant je součástí výnosových výsledků. Výnos byl stanoven na základě 3 odběrů zelené píce z každé parcely. Pro každou variantu je tedy známo 6 výnosových výsledků, jejichž průměr je uveden ve výsledných hodnotách. Statistická průkaznost dosažených hodnot je posuzována pomocí stanoveného konfidenčního intervalu ($\pm 2,57 \cdot s_{\bar{x}}$) pro jednotlivé varianty (jejich vypočtené průměry $\bar{x}$) (Rod 1969), a to v I. sdělení celkových výnosů za 1. až 3. rok a výnosů v r. 1968 při P = 0,95.

V hraničních hodnotách bylo ještě použito t-testu pro závislá pozorování.

Výnosy 1. a 2. seče jsou uváděny v zelené hmotě luční píce. Tento ukazatel může více odpovídat i zvýšení výnosu živin, než je tomu při vyjádření v hodnotě sena (Štráfelda, Velich, Prajzler, Bělohoubek 1967). Vegetační podmínky jsou ilustrovány průběhem meteorologických činitelů. V experimentální práci je mimoto ještě sledována zejména chemická skladba píce, obsah přijatelných živin v půdě, některé botanické změny porostu.

ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Po třech letech sledování pokusu s aplikací vysoké dávky fosforečných hnojiv na louce s nízkou zásobou přijatelné kyseliny fosforečné (tabulky I, II, III, IV a graf na obr. č. 1) lze v souladu s publikovanými výsledky zahraničních autorů (Auffhammer a Knobloch 1966, Prausse 1967 a dalších) zatím usuzovat na to, že tento způsob hnojení může být v určitém časovém

¹⁾ Na nových dílech zvýšení dávky realizováno zjara 1968.

úseku převážně nejméně rovnocenný každoroční zvolené aplikaci kyseliny fosforečné.

Při hodnocení 8 variant s původní úrovní hnojení za léta 1966 až 1968 je zřejmé, že jednorázovou aplikací 500 kg P_2O_5 bez ohledu na formu na 1 ha (+ NK) bylo za tři roky vyrobeno průměrně 739,5 q zel. luční píce z 1 ha, zatímco po každoročním hnojení 50 kg P_2O_5 na 1 ha (+ NK) vyprodukoval 1 ha za stejné období 718,0 q.

Přitom v alternativě vápněné je varianta s každoročním hnojením kyselinou fosforečnou částečně lepší (761,6 q/ha) než průměr na variantách s vysokou dávkou P_2O_5 (757,4 q/ha), což je v souladu s poznatky Jedličky a kol. (1967) na orné půdě obdobných vlastností. Nejlépe se projevuje každoroční hnojení nebo vysoká dávka kyseliny fosforečné ve formě superfosfátu. Vysoká dávka ve formě mletého fosfátu je po třech letech zatím nejméně účinná, způsobila mírné snížení výnosu oproti kontrole bez hnojení P_2O_5 , i když ne statisticky prokazatelné.

Avšak v samotném 3. sklizňovém roce výnos u této varianty vzrostl a přesáhl úroveň varianty nehnojené kyselinou fosforečnou vůbec.

V alternativě nevápněné je po třech letech výrazně nejlepší varianta hnojená jednorázově vysokou dávkou superfosfátu. Výnosy ostatních nevápněných variant jsou nižší a přibližně na stejné úrovni. Rozdíly nejsou statisticky průkazné. Obdobný průběh výnosů je i v samotném 3. roce (tab. č. I, II, III, IV a graf na obr. č. 1).

Na rozdíl od vápněné alternativy je v souhrnu tří let mírně vyšší výnos varianty s jednorázovou vysokou aplikací P_2O_5 v mletém fosfátu ve srovnání s kontrolou i každoročním hnojením P_2O_5 . V 3. pokusném roce je však výnosová tendence varianty s mletým fosfátem opačná než ve vápněné části, neboť její výnos je relativně nejnižší.

Relativní výnosové hodnoty za r. 1968. — Relative yield values for the year 1968

Charakteristika variant podle fosforečného hnojení	Nevápněná alternativa			Vápněná alternativa		
	původní úroveň NK	zvýšené NK na 2 násobek	původní úroveň NK a + 50 kg P_2P_5 /ha	původní úroveň NK	zvýšené NK na 2 násobek	původní úroveň NK a + 50 kg P_2O_5 /ha
500 kg P_2O_5 v superfosfátu jednorázově v r. 1965	100,0	132,9	92,9	100,0	125,1	99,4
500 kg P_2O_5 v mletém fosfátu jednorázově v r. 1965	100,0	131,6	107,8	100,0	125,2	97,3
Bez fosforečného hnojení	100,0	147,1	103,2	100,0	139,3	111,7
50 kg P_2O_5 v superfosfátu každoročně	100,0	132,3	102,2	100,0	125,8	109,7

I. Průměrné výnosy zelené píce v q/ha podle variant, let a seči. I. Vápněná alternativa, 1) hnojeno vysokou dávkou kyseliny fosforečné. — Average yields of green matter in q/ha according to variants, years and cuts. I. Trial with lime added, 1) fertilized with a high dose of phosphoric acid

1966 a 1967		A									B								
Varianty		1			2			3			4			5			6		
1968																			
Symbol hnojení	jednorázově na podzim 1965	P ₅₀₀ v superfosfátu									P ₅₀₀ v mlet. fosfátu								
	každoročně	N ₁₀₀ K ₇₀									N ₁₀₀ K ₇₀								
		1. seč			2. seč			celk.			1. seč			2. seč			3. seč		
Sklizeň	1966	205,9			105,0			310,9			193,1			101,7			294,8		
	1967	127,6			61,0			188,6			118,6			47,7			166,3		
Změna každoročního hnojení		zůstává			N ₂₀₀ K ₁₄₀			N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀			zůstává			N ₂₀₀ K ₁₄₀			N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀		
		1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.
Sklizeň střední chyba $s_{\bar{x}}$		205,8	73,3	279,2	235,0	114,2	349,2	202,5	75,0	277,5	207,9	67,1	275,0	235,0	109,2	344,2	200,0	67,5	267,5
				8,8			14,0			11,3			15,2			13,1			8,4
Celkem za 3 roky střední chyba $s_{\bar{x}}$		539,3	239,3	778,7							519,6	216,5	736,1						
				30,1									35,2						

II. Průměrné výnosy zelené píce v q/ha podle variant, let a sečí. I. Vápněná alternativa, 2) bez hnojení vysokou dávkou kyseliny fosforečné. — Average yields of green fodder in q/ha according to variants, years and cuts. I. Trial with lime added, 2) no application of a high dose of phosphoric acid

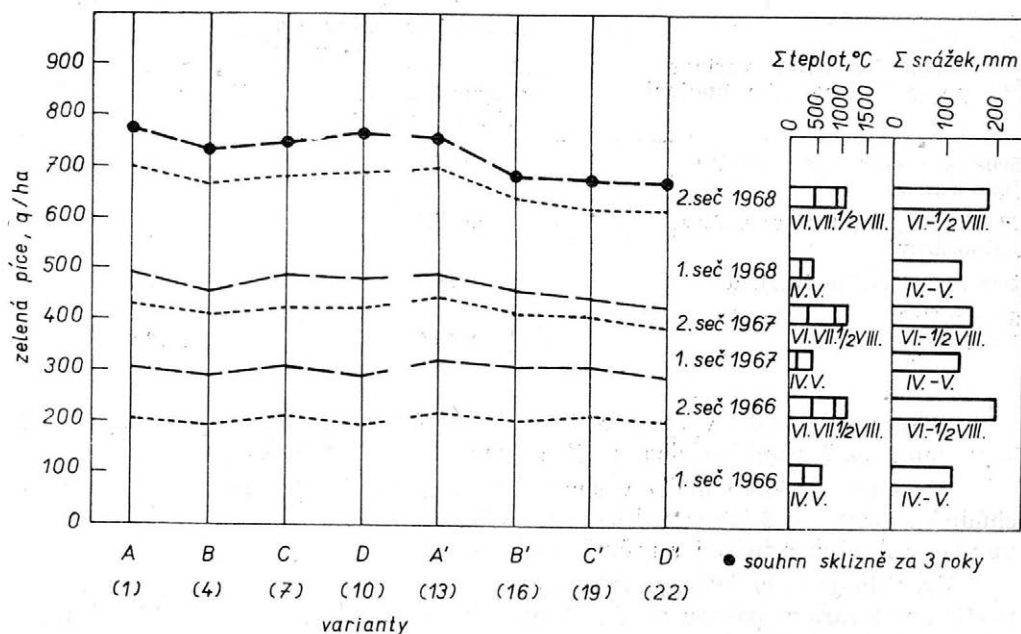
Varianty	1966 a 1967	C			D		
	1968	7	8	9	10	11	12
Symbol hnojení	jednorázově na podzim 1965	—			—		
	každoročně	N ₁₀₀ K ₇₀			N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀		
Sklizeň	1966	1. seč 2. seč celk.			1. seč 2. seč celk.		
	1967	214,8 98,3 313,1 112,0 64,3 176,3			199,3 96,0 295,3 130,7 56,0 186,7		
Změna každoročního hnojení		zůstává			zůstává		
		N ₂₀₀ P ₀ K ₁₄₀			N ₂₀₀ P ₅₀ K ₁₄₀		
		N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀			N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀		
Sklizeň střední chyba $s_{\bar{x}}$	1968	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.
		190,8	66,7	257,5	263,3	95,4	358,7
				7,6			4,7
Celkem za 3 roky střední chyba $s_{\bar{x}}$		517,6	229,3	746,9			
				16,8			

III. Průměrné výnosy zelené píce v q/ha podle variant, let a sečí. II. Nevápněná alternativa. 1) hnojeno vysokou dávkou kyseliny fosforečné. — Average yields of green fodder in q/ha according to variants, years and cuts. II. No-lime variant, 1) fertilized with a high dose of phosphoric acid

Varianty		1966 a 1967	A'						B'											
		1968	13			14			15			16			17			18		
Symbol hnojení	jednorázově na podzim 1965		P ₅₀₀ v superfosfátu									P ₅₀₀ v mlet. fosfátu								
	každoročně		N ₁₀₀ K ₇₀									N ₁₀₀ K ₇₀								
Sklizeň	1966		1. seč			2. seč			celk.			1. seč			2. seč			3. seč		
	1967		221,3			105,7			327,0			207,3			105,7			313,0		
			117,6			47,7			165,3			103,3			45,7			149,0		
Změna každoročního hnojení			zůstává			N ₂₀₀ K ₁₄₀			N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀			zůstává			N ₂₀₀ K ₁₄₀			N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀		
Sklizeň střední chyba $s_{\bar{x}}$	1968		1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.
			202,5	60,8	263,3	258,3	91,7	350,0	193,3	51,3	244,6	177,9	47,9	225,8	231,7	65,4	297,1	194,2	49,2	243,4
					18,3			16,5			15,9			19,4			15,0			17,4
Celkem za 3 roky střední chyba $s_{\bar{x}}$			541,4	214,2	755,6							488,5	199,3	687,8						
					45,8									42,4						

IV. Průměrné hodnoty zelené píce v q/ha podle variant, let a sečí. II. Nevápněná alternativa. 2) bez hnojení vysokou dávkou kyseliny fosforečné. — Average values of green fodder in q/ha according to variants, years and cuts. II. No-lime variant, 2) no application of a high dose of phosphoric acid

1966 a 1967		C'									D'								
Varianty	1968	19			20			21			22			23			24		
Symbol hnojení	jednorázově na podzim 1965	—									—								
	každoročně	N ₁₀₀ K ₇₀									N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀								
		1. seč			2. seč			celk.			1. seč			2. seč			celk.		
Sklizeň	1966	212,5			94,3			306,8			205,0			86,6			291,6		
	1967	102,7			35,0			127,7			97,8			36,7			134,5		
Změna každoročního hnojení		zůstává			N ₂₀₀ K ₁₄₀			N ₁₀₀ P ₅₀ K ₇₀			zůstává			N ₂₀₀ P ₅₀ K ₁₄₀			N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₇₀		
		1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.	1. seč	2. seč	celk.
Sklizeň	1968	175,0	59,2	234,2	265,8	78,8	344,8	191,7	50,0	241,7	194,2	54,2	248,4	238,3	90,4	328,7	195,0	58,8	253,8
	střední chyba $s_{\bar{x}}$			13,1			22,2			6,8			9,1			11,1			16,4
Celkem za 3 roky		490,2	188,5	678,7							497,0	177,5	674,5						
	střední chyba $s_{\bar{x}}$			34,0									29,1						



1. Vyjádření výnosových výsledků variant A až D a A' až D' za léta 1966 až 1968. — Expression of the yield results for variants A to D and A' to D' for the years 1966 to 1968

Lepší působení formy superfosfátové (vodorozpustné) oproti mletému fosfátu (těžko rozpustná forma) na výnos, a to jak na vápněné, tak na nevápněné alternativě koresponduje s poznatky Baiera a Prokopa (1968) z polních osevních postupů. Ve srovnání se závěry Baiera, Smetánkové, Křišťana (1967) pro ornou půdu obdobných vlastností nelze zatím prokázat lepší účinek vysoké dávky kyseliny fosforečné oproti každoroční aplikaci.

K hodnocení výše dosažených výsledků je nutné poznamenat, že rozdíly ve výnosech jednotlivých variant nejsou sice statisticky prokazatelné, avšak lze předpokládat, že tříleté výsledky již mohou určité difference charakterizovat. Ve zvýšené variabilitě výsledků se jistě projevuje jak zvolená velikost parcel, tak pravděpodobně i samotná aplikace vysokých dávek fosforečných hnojiv. Luční porost s převahou travních komponentů, jako je psárka luční, ovsík žlutavý, srha říznačka, jistě nejvíce reaguje na úroveň dusíkatého hnojení (Maloch, Regal, Bureš, Klofera 1956, Štráfelda, Velich, Prajzler, Bělohoudek 1967 atd.), i když každému porostu je nutné zabezpečit v potřebné míře všechny složky výživy, zvláště pokud nejsou v půdě ve vhodné formě přítomny.

Výnosy 1. seče jsou přibližně v relaci s výnosy celkovými. Druhá seč představuje v průměru za tři roky u vápněné alternativy 30,0 % a nevápněné alternativy 27,8 % sklizně.

Vápnění samo o sobě zvýšilo v průměru výnosy po třech letech o 8,1 % oproti nevápněné části pokusu.

Srovnáním odpovídajících variant je možné uvést tyto relativní přírůstky výnosů dosažené vápněním oproti nevápněné části:

charakteristika variant podle fosforečného hnojení	přírůstek výnosu v ‰ vlivem vápnění	
	v průměru tří pokusných let	v třetím pokusném roce
500 kg P ₂ O ₅ v superfosfátu jednorázově	+ 3,1	+ 6,0
500 kg P ₂ O ₅ v mletém fosfátu jednorázově	+ 7,0	+ 21,8
bez fosforečného hnojení	+ 10,0	+ 9,9
50 kg P ₂ O ₅ v superfosfátu každoročně	+ 12,9	+ 12,6

Relativní hodnoty výnosů ovlivněné vápněním ve třetím pokusném roce u variant, které vznikly dělením dílců, jsou zřejmé z tabulky na str. 516.

Výnosové tendence louky v souvislosti s vápněním nejsou obecně v protichůdném vztahu k údajům v literatuře (K l a p p 1961), pozoruhodné rozdíly ve výnosech však přinášejí v průměru celého pokusu jednotlivé sklizňové ročníky.

Využitím metody dělených dílců bylo možné od r. 1968, jak bylo již uvedeno, zvýšit počet variant pokusu na 24. Tento záměr má odpovědět na to, jak budou jednotlivé původní varianty reagovat na dvojnásobnou dávku dusíku (+ K) nebo další dávku kyseliny fosforečné ve výši 50 kg na 1 ha v superfosfátu. Dvojnásobná dávka zvýšila ve všech variantách výnos vesměs prokazatelným způsobem oproti variantám s původní dávkou (100 kg N/ha + K) i oproti variantám se zvýšeným fosforečným hnojením (+ 50 kg P₂O₅/ha). Další fosforečné hnojení zvýšilo výnos na 5 z osmi variant, v ostatních došlo k poklesu výnosu. Rozdíly však jsou malé a statisticky neprůkazné, i když na vápněné alternativě zvýšil přírůstek P-hnojiv v r. 1968 výnos zřetelným způsobem u variant č. 9 a 12, kde nebyla dříve uplatněna jednorázová vysoká dávka P₂O₅ průměrně o 10,6 ‰ ve srovnání s původní úrovní hnojení.

Z výsledků je zřejmé, že na daném stanovišti se může zvýšené dusíkato-draselné hnojení v třetím užítkovém roce projevit efektivně ve výnosu hmoty i na variantách vůbec nehnojených kyselinou fosforečnou, a to dokonce přírůstkem vyšším než v ostatních případech. V reakci na zvýšené dusíkato-draselné nebo fosforečné hnojení se tak nutně promítají složité podmínky vytvořené na jednotlivých variantách v předcházejících dvou letech.

Literatura

- AUFHAMMER G., KNOBLOCH W., 1966, Ergebnisse eines Phosphorsäure-Steigerungs und Vorratsdüngungs-Versuches auf Ackerland im Voralpengebiet. Die Phosphorsäure, sv. 26 : 161-173.
- BAIER J., PROKOP J., 1968, Sledování účinku melioračního hnojení fosforečnými hnojivy. Závěrečná zpráva. ÚVÚRV Praha-Ruzyně.
- BAIER J., SMETÁNKOVÁ M., KŘIŠŤAN F., 1967, Vyšetření efektivnosti předzásobního hnojení kyselinou fosforečnou. Závěrečná zpráva. ÚVÚRV Praha-Ruzyně.
- DEMELA J., BRADA L., 1935, Hnojení luk kyselinou fosforečnou a vnitřní hodnota sena. Rožnov p. R.
- DUCHOŇ F., 1942, Dynamika potřeby živin přirozené hladové louky v jednom desetiletí opakovaných exaktních pokusů. Praha. Zvláštní otisk.
- , 1948, Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských. ČSAZ Praha.
- GERICKE S., 1965, Die Wirkung langjähriger PK-Düngung auf der Wiese. Die Phosphorsäure, 25 : 12.

- JEDLIČKA J. a kol., 1967, Dynamika změn P_2O_5 v půdě — výživářsko agronomická část. Závěrečná zpráva. ÚVÚRV Praha-Ruzyně.
- KANDERA J., 1965, Štúdium následovného pôsobenia hnojenia P_2O_5 . Závěrečná zpráva VÚRV Piešťany.
- KANDERA J., MECHÍROVÁ A., 1965, Vplyv zásobného hnojenia P_2O_5 na úrody plodín. Poľnohospodárstvo, 11, 3 : 245-251.
- KLAPP E., 1961, Senokosy i pastbišča. (Ruský překlad). Moskva.
- KLEČKA A., 1932, Základní otázky hnojení luk a pastvin. Praha.
- MALOCH M., REGAL V., BUREŠ F., KLOFERA V., 1956, Pícninářství. ČSAZV Praha.
- NEUBERG J., 1966, K otázkám zákonitosti výživy rostlin v období intenzifikace zemědělské výroby průmyslovými hnojivy. Studijní informace ÚVTI Praha, řada půdoznalství a meliorace, č. 9-10.
- NĚMEC A., MAZANEC O., 1968, Vyhodnocení výsledků II. cyklu agrochemického zkoušení půd z hlediska vývoje půdní úrodnosti. Rostl. výroba, 14, 11-12 : 1057-1068.
- PRAUSSE A., 1967, Untersuchungen über die PK-Vorausdüngung und die Wirkung weicherdiger Rohphosphate auf dem Grünland. Albrecht-Thaer-Archiv, 11, 6 : 527-539.
- ROD J., 1969, Návrh vhodného statistického hodnocení pokusu obsaženého v tomto sdělení. Rukopis.
- STOCKER K., GERICKE S., 1967, Wirkung langjähriger Phosphatdüngung auf Acker- und Grünland. Die Phosphorsäure, 27, 113-143.
- ŠTRÁFELDA J., VELICH L., PRAJZLER J., BĚLOHOUBEK A., 1967, Louky by neměly být popelkou. Za vysokou úrodu, 3 : 107-109.
- TOMKA O., PRISTAŠ J., AMBRUŠ P., PODOLÁK M., 1963, Príspevok k otázke vplyvu výšky dávky živín, času a formy ich použitia na produkciu hmoty pri prirodzených lúčnych a pasienkových porastoch. Sborník vedeckých prác VÚLP v Poprade, 1 : 11-58.
- ULRICH B., 1963, Möglichkeiten und Grenzen einer Phosphat-Vorratsdüngung. Landwirtschaftliche Forschung, 17. Sonderheft : 126-131.
- WACKER G., 1964, Vorratsdüngung auf dem Grünland. Wissenschaftlich technischer Fortschritt für die Landwirtschaft 5, 10 : 457-458.

Došlo dne 30. 6. 1969

FRANČÍK J., NEUBERG J. *Reakce louky na aplikaci vysoké dávky fosforečných hnojiv při intenzivní výživě porostu. I. Výnosy píce v prvních třech letech.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 513-524, 1970.

Různé způsoby fosforečného hnojení se při intenzivní úrovni dusíkato-draselné výživy na lučním porostu s převahou travních komponentů neprojevíly z hlediska výnosu luční píce v prvních třech letech průkaznými rozdíly. Vyššího úhrnu sklizně za tři roky bylo dosaženo na variantách s 500 kg P_2O_5 aplikovanými na počátku pokusu ve formě superfosfátu, a to jak na vápněné (+4,3 %), tak zvláště nevápněné alternativě (+11,3 % proti variantě bez P-hnojení). Vápnění zvýšilo výnos zelené hmoty za 3 roky u všech variant průměrně o 8,1 %. Markantně se projevil na úrovni výnosů specifický vliv ročníku. V třetím pokusném roce po rozdělení parcel na 3 díly reagovaly všechny varianty pokusu na dvojnásobně zvýšené dusíkato-draselné hnojení vesměs prokazatelným zvýšením výnosu v rozmezí 25,1 až 47,1 % proti původní úrovni hnojení. Zvýšené fosforečné hnojení o 50 kg P_2O_5 na 1 ha ovlivnilo výnosy nepatrně a rozdíly k původní úrovni jsou neprůkazné.

louky; hnojení; kyselina fosforečná; výnosy píce

ФРАНЧИК Й.,* НЕИБЕРТ Й. Районное сельскохозяйственное объединение, Хеб,* Институт питания растений, Прага-Ружыне**). Реакция луга на внесение высокой дозы фосфорных удобрений при интенсивном питании травостоя. I. Урожай кормовых трав в течение первых трех лет. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 513-524, 1970.

При разных способах фосфорного удобрения интенсивного азотно-калиевого питания луговых травостоев с преобладанием злаковых компонентов в течение первых трех лет с точки зрения урожая луговых трав не проявилось ярко выраженных различий. Более высокая сумма урожая за три года была достигнута у вариантов с 500 кг P_2O_5 , применяемыми в начале опыта в форме суперфосфата, причем, как у известкового (+ 4,3 %), так особенно у неизвесткованного варианта (+ 11,3 %) по сравнению с вариантом без P-удобрения).

Известкование повысило урожай зеленой массы в течение трех лет во всех вариантах в среднем на 8,1 %. На величине урожая явно отразилось специфическое влияние года. В третьем опытном году после разбивки участков на 3 части все варианты опыта реагировали на двукратное повышение азотно-калиевых удобрений очевидным повышением урожая в пределах 25,1 — 47,1 % по сравнению с первоначальным уровнем удобрения. Повышение дозы фосфорного удобрения на 50 кг P_2O_5 на 1 га повлияло на урожай незначительно, и различия по сравнению с первоначальным уровнем недостоверны.

луга; удобрение; фосфорная кислота; урожай кормовых

Adresy autorů:

Ing. Josef Frančík, Okresní zemědělské sdružení, Cheb,
Ing. Jaroslav Neuberger, DrSc., VÚRV, Ústav výživy rostlin, Praha-Ruzyně

VLIV ZÁSOBNÍHO HNOJENÍ FOSFOREM NA PŮDU A ROSTLINY V ŘEPAŘSKÉM OSEVNÍM POSTUPU

M. ŠKARDA, J. KOULA

ŠKARDA M., KOULA J. (Institute of Plant Nutrition, Prague-Ruzyně). *The Effect of Reserve-Phosphorus Fertilizing on Soil and Plants in the Beet-Growing Crop Rotation*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 525-536, 1970.

In a heavier neutral brown soil under semihumid conditions of a beet-growing region with an average up to good content of available P_2O_5 and K_2O in soil, a five-years' reserve-phosphorus fertilizing (including also potash) is sufficient to replace annual applications of these nutrients. When there are higher yields of the dry matter of the crops and a higher gross production, the crops take up more nutrients supplied as reserves than it is the case with annual applications, the consumption of nutrients per 1 CU per ha being roughly the same for both methods of fertilizing, on the average for the variants used. In the reserve supplies of phosphorus, the increasing utilization of the supplied phosphorus is accompanied by the reduction of the productivity of the phosphorus taken up, in comparison with annual fertilization. However, the productivity of the supplied phosphorus is more effective in the reserve-supply of the nutrient. The positive effect of fertilization on the balance of phosphorus supplied to the plants and utilized by them was more pronounced in the annual application of P_2O_5 than in the reserve-fertilizing, which was also reflected in the effect of annual phosphorus applications on the favourable increase of the nutrient. The positive effect of fertilization on the balance of phosphorus phosphorus applications (involving also the application of potash) is higher in all main indices than it is the case in annual fertilizing. The costs for distribution and storage in reserve-fertilizing were lower by $\frac{1}{4}$ in comparison with the annual application of phosphorus (and potash).

reserve-phosphorus application; yield of dry matter; phosphorus take-up; productivity of phosphorus; phosphorus balance; economic effectivity of fertilizing; content of available phosphorus in soil; gross production

Typický proces intenzifikace zemědělské výroby, doprovázený trvalým zvyšováním půdní úrodnosti, může nastat pouze v podmínkách trvalého předstihu dodávky živin v používaných statkových a průmyslových hnojivech před jejich odběrem sklizněmi (Neuberg 1967). S postupným zvyšováním potenciální úrodnosti půdy máme pro pěstované plodiny k dispozici stále větší množství pohotových živin pouze za předpokladu, že ztráty živin nepřevýší dosažený přírůstek půdní úrodnosti.

Vytváření rezerv živin v půdě se z hlediska intenzifikace zemědělské výroby týká zejména fosforu. Dobrá adsorpce fosforu v půdě umožňuje dodat plodinám v určitém časovém předstihu větší množství této živiny, jejíž účinnost bude spolu s ostatními živinami tím vyšší, čím příznivější budou výrobní a půdně-klimatické podmínky.

Závěry dosud publikovaných prací (z nejznámějších Schmid 1961, Gericke, Bärman 1963, Orltapp 1961, Ansorge 1962, 1963, 1967, Strübing 1963, Görlitz 1964, Aufhammer, Knobloch 1966, Baier, Smetánková, Křišťan 1967, Baier, Prokop 1968 aj.) se shodují v tom, že zásobní hnojení fosforem na 2–4 roky se ve své účinn-

nosti nejen vyrovná každoročnímu hnojení P_2O_5 , ale zvyšuje využití živin rostlinami a spoluvytváří „starou půdní sílu“, nehledě na pracovní a finanční úspory i vyšší rentabilitu hnojení.

Vzhledem k nedostatku pracovních sil v zemědělství má zvyšování produktivity práce i na úseku hnojení příznivý ekonomický vliv na hospodaření závodů. Šilar (1969) srovnáním 4 systémů PK hnojení při současném použití dusíkatých hnojiv prokázal úsporu živé práce u zásobního PK hnojení za jinak stejných celkových nákladů na hnojení jako při každoroční aplikaci (systém J — 181 — zás./B: zásobně hnojeno P_2O_5 na 2—3 roky, K_2O na 2 roky).

V našich pokusech jsme v r. 1963 začali s ověřováním účinnosti zásobního hnojení fosforem a draslem aplikovaného v delším časovém období než předepisují metodiky soustavy hnojení. V devítihodinném osevním postupu jsme hnojili fosforem a draslem pouze dvakrát: na 5 roků (1964—1968) a na 4 roky (1969—1972).

Výsledky z pětiletého období jsme ve zkrácené formě zpracovali v tomto příspěvku.

METODY

V dlouhodobém hnojařském pokusu na těžší neutrální hnědozemi se středním obsahem přístupných živin (na 9 let nehnojené kontrole v r. 1963: 10,2 mg/100 g P_2O_5 , 10,4 mg/100 g K_2O), který probíhá v Ruzyni již od r. 1955, jsme na honu II založili srovnávací pokus s každoročním a zásobním hnojením fosforem a draslem (PK) na 5 let ve 24 variantách organickominerálního hnojení.

V letech 1964—1968 činila průměrná teplota vzduchu 7,7 °C (pod normál 9,0 °C) a průměrné roční ovzdušné srážky dosáhly 472 mm (pod normál 517 mm); sluneční svit 1721 hod. byl v pokusných letech vyšší než normál 1590 hod.

Do pětiletého výseku osevního postupu jsme zařadili tyto plodiny: cukrovku, ječmen jarní, dvouletou vojtěšku a pšenici ozimou.

HNOJENÍ

Pro toto sdělení jsme použili 9 variant hnojení: kromě nehnojené kontroly (0) dvě varianty minerálního hnojení ($N_1P_1K_1$ a $N_2P_2K_2$) a dvě varianty organickominerálního hnojení s kompostem z chlévské mrvy a zeminy ($Kst + N_1P_1K_1$ a $Kst + N_2P_2K_2$) při každoročním a zásobním hnojení PK (tabulka I).

I. Průměrné roční dávky živin v kg/ha. — Average annual rations of nutrients in kg/ha

Varianty hnojení	Dávka živin v kg/ha			
	N	P_2O_5	K_2O	Celkem
Nehnojená kontrola	—	—	—	—
$N_1P_1K_1$	30	58	124	212
$N_2P_2K_2$	40	71	160	271
* $Kst + N_1P_1K_1$	52	72	172	296
* $Kst + N_2P_2K_2$	62	85	208	355

*Kompost z chlévské mrvy a zeminy

(10 : 1) 6měsíční — Kst)

39 q/ha

22

14

48

84

Kompost jsme zapravili pod cukrovku v r. 1964 na jaře v dávce 192 q/ha. Fosforem a draslem jsme hnojili při každoroční aplikaci vždy na podzim. Zásobní hnojení PK ve stejné celkové dávce jako u každoročního hnojení jsme zaorali v 16 q (288 kg P_2O_5 /ha) a 20 q (354 kg P_2O_5 /ha) superfosfátu a 16 q (622 kg K_2O /ha a 20 q (800 kg K_2O /ha) draselné soli 40% na podzim 1963 pod cukrovku.

Dusíkem jsme hnojili pouze cukrovku ('Dobrovická N'), ječmen jarní ('Branišovický C') a pšenici ozimou ('Mironovská') před setím a během vegetace.

ZPŮSOB ZPRACOVÁNÍ

Za období 1964—1968 jsme v tomto příspěvku zpracovali vliv každoročního a zásobního hnojení fosforem a draslem na hrubou produkci, produktivnost dodaného a rostlinami odebraného fosforu, bilanci fosforu v půdě a rostlině a ekonomickou efektivnost hnojení.

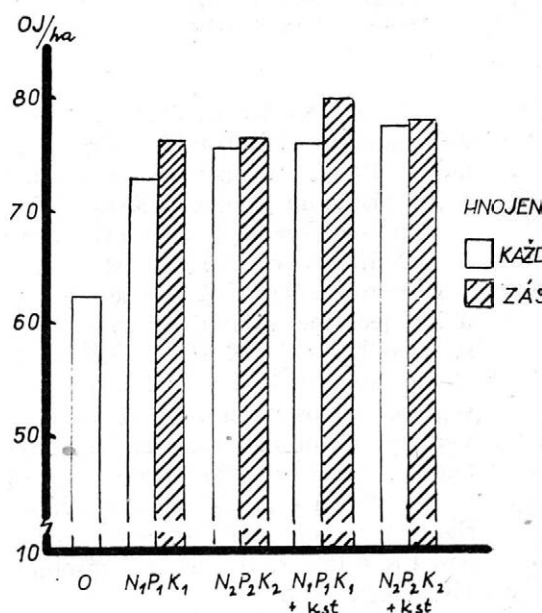
Potřebné rozborů půd a rostlin byly provedeny běžnými metodami a také pro vyhodnocení výsledků u jednotlivých výživářských a ekonomických ukazatelů jsme použili námi již delší dobu používaného způsobu zpracování.

VÝSLEDKY A HODNOCENÍ

Hrubá produkce. Výnosy hlavních a vedlejších produktů plodin (obr. č. 1) vzrostly za pětileté období hnojením z 62,5 OJ/ha (= 100 % na nehnojené kontrole) v průměru všech 4 variant hnojení na 75,5 OJ/ha (= 121 % při každoročním hnojení PK) a na 77,6 OJ/ha (= 124 % při zásobním hnojení PK).

Přírůstky hrubé produkce se pohybovaly při každoročním hnojení PK v rozmezí 10,3 až 15,2 OJ/ha (v průměru 13,0 OJ/ha = 100 %) a při zásobním hnojení PK od 13,7 do 17,4 OJ/ha (v průměru 15,1 OJ/ha = 116 %).

V porovnání jednotlivých variant hnojení jsme u zásobního oproti každoročnímu hnojení PK zjistili významný přírůstek hrubé produkce pouze u dávky $N_1P_1K_1$ (+ 3,4 OJ/ha = + 33 %) a u dávky $Kst + N_1P_1K_1$ (+ 4,0 OJ/ha = + 30 %).



1. Vliv každoročního a zásobního hnojení P a K na hrubou produkci v OJ/ha (roční průměr za období 1964—1968). — The effect of the annual and reserve fertilizations (using P and K) on the gross production in Cereal Units per ha (average value for the period 1964 to 1968)

II. Výnos suché hmoty hlavních a vedlejších produktů plodin v q/ha (za období 1964–1968). — The yield of dry matter of the main and less-important products of the crops for the period 1964–1968 (in q/ha)

Hnojení PK	Varianta hnojení	Plodiny					Celkem (roční průměr)	
		cukrovka	ječmen jarní	vojtěška I. rokem	vojtěška II. rokem	pšenice ozimá	q/ha	%
	0	106,0	41,0	127,6	92,8	93,8	92,2	100
Každoroční	N ₁ P ₁ K ₁	131,6	57,7	133,0	105,6	109,9	107,6	117
	N ₂ P ₂ K ₂	139,5	59,0	113,0	99,5	112,1	104,6	113
	N ₁ P ₁ K ₁ + Kst	140,5	57,3	130,1	102,2	112,5	108,5	118
	N ₂ P ₂ K ₂ + Kst	149,4	58,7	118,7	103,9	117,2	109,6	119
	Ø	140,3	58,2	123,7	102,8	112,9	107,6	117
Zásobní na 5 let	N ₁ P ₁ K ₁	140,2	50,8	133,9	109,5	111,0	109,1	118
	N ₂ P ₂ K ₂	148,4	49,0	124,7	116,7	114,8	110,7	120
	N ₁ P ₁ K ₁ + Kst	161,5	51,2	126,8	111,1	117,8	113,7	123
	N ₂ P ₂ K ₂ + Kst	152,7	58,5	120,2	110,7	123,1	113,0	123
	Ø	150,7	52,4	126,4	112,0	116,7	111,6	121

Poměr hlavních a vedlejších produktů: Každoroční hnojení PK Zásobní hnojení PK

cukrovka (kořen : chrást)	=	1 : 0,56	1 : 0,61
ječmen (zrno : sláma)	=	1 : 0,86	1 : 0,98
pšenice (zrno : sláma)	=	1 : 0,86	1 : 0,90

Tyto výsledky potvrzují i výnosy suché hmoty hlavních a vedlejších produktů plodin (tabulka II). Výnos na nehnojené kontrole 92,2 q/ha (roční průměr = 100 %) vzrostl při každoročním hnojení PK na 107,6 q/ha (= 117 %) a při zásobním hnojení PK na 111,6 q/ha (= 121 %).

Stejnou tendenci jako při průměrných výsledcích za pětileté období jsme pozorovali i v jednotlivých letech. U všech plodin byly výnosy suché hmoty při zásobním hnojení PK mírně vyšší než při každoročním hnojení PK, kromě u jar. ječmene. Hlavní příčinou byla různá technika dusíkatého hnojení. U zásobního hnojení PK byl N určený k ječmeni použit již k cukrovce. Po velmi vlhké zimě 1964/65 a zvláště po jaru 1965 trpěl ječmen v počátečních měsících vegetace nedostatkem N, což se projevilo v nižším výnosu. Přijaté živiny byly využity slámou na úkor zrna, což dokládá i širší poměr zrna : slámy při zásobním hnojení PK (1 : 0,98) oproti každoročnímu hnojení PK (1 : 0,86).

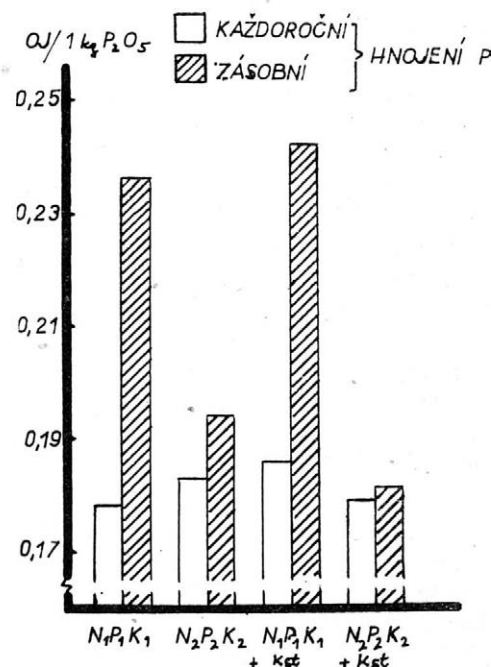
Statková hnojiva zvýšila výnos suché hmoty v organickominerálních variantách ve srovnání se samotnými průmyslovými hnojivy u každoročního hnojení PK o 0,9–5,0 q/ha a u zásobního hnojení PK o 4,6 (N₁P₁K₁) — 2,3 q/ha (N₂P₂K₂).

III. Spotřeba živin u plodin při každoročním a zásobním hnojení PK (Ø 4 variant: na 1 q hlavního produktu v kg/ha). — The nutrient uptake in crops for annual and reserve application of PK (average value for 4 variants: per 1 q of the main product in kg/ha)

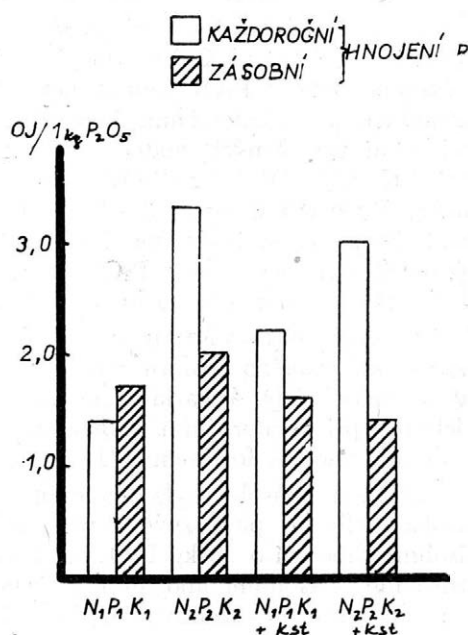
Živiny*	1964 cukrovka		1965 ječmen jarní		1966 vojtěška I.		1967 vojtěška II.		1968 pšenice ozimá		Celkem na 1 OJ/ha	
	Hnojení										k. r.	zás.
	k. r.	zás.	k. r.	zás.	k. r.	zás.	k. r.	zás.	k. r.	zás.		
N (Ø 46 kg/ha)	0,54	0,52	1,54	1,72	0,62	0,60	0,51	0,61	2,00	2,03	2,93	3,00
P ₂ O ₅ (Ø 75 kg/ha)	0,12	0,14	0,81	1,16	0,12	0,12	0,11	0,12	0,64	0,54	0,70	0,72
K ₂ O (Ø 166 kg/ha)	0,61	0,60	1,61	1,62	0,56	0,55	0,46	0,47	1,23	1,52	2,70	2,68

* včetně statkových hnojiv

1 q hlavního produktu: cukrovka (kořen), obilniny (zrno), vojtěška (zelená hmota)



2. Vliv každoročního a zásobního hnojení P na produk tivnost dodaného P₂O₅ (za období 1964—1968). — The effect of annual and reserve application of P on the productivity of the supplied P₂O₅ (for the period 1964—1968)



3. Vliv každoročního a zásobního hnojení na produktivnost přírůstků odebraného P₂O₅ rostlinami (proti kontrole — za období 1964—1968). — The effect of annual and reserve fertilization on the productivity of the increase of P₂O₅ taken up by the plants (in comparison with control — for the period 1964—1968)

Produktivnost dodaného a rostlinami odebraného fosforu. Při stejné průměrné roční dávce NPK živin (vždy ze 4 sledovaných variant) u obou způsobů techniky hnojení PK: 46 kg N, 75 kg P_2O_5 , 166 kg K_2O /ha bylo rostlinami odebráno

	N	P_2O_5	K_2O
u každoročního hnojení PK	221 kg	53 kg	204 kg/ha
u zásobního hnojení PK	234 kg	58 kg	210 kg/ha

Rostliny při zásobním hnojení PK odebraly více o 6 % N, 9 % P_2O_5 a 3 % K_2O než při každoročním hnojení PK, což odpovídá dosaženým výnosům. Tyto výsledky dokládá i spotřeba živin na 1 q hlavního produktu u jednotlivých plodin (tabulka III). Ohodnotíme-li v celkovém průměru spotřebu NPK živin na 1 OJ/ha při každoročním hnojení za 100 %, zjišťujeme, že při zásobním hnojení spotřebovaly plodiny pětiletého osevního sledu 102 % N, 103 % P_2O_5 a 99 % K_2O .

Posuzujeme-li z tohoto hlediska produktivnost dodaného fosforu (obr. 2), můžeme konstatovat, že přírůstek hrubé produkce (oproti nehnojené kontrole) na 1 kg dodaného P_2O_5 (+ NK) je ve všech variantách při zásobním hnojení PK vyšší než při každoročním hnojení. V průměru použitých variant je produktivnost dodaného fosforu u zásobního hnojení (0,213 OJ/1 kg P_2O_5) o 17 % vyšší než u každoročního hnojení PK (0,182 OJ/1 kg P_2O_5).

Zcela opačnou tendenci zjišťujeme u produktivnosti odebraného fosforu rostlinami (obr. 3). Kromě var. $N_1P_1K_1$ je přírůstek hrubé produkce na 1 kg zvýšeného odběru P_2O_5 (oproti nehnojené kontrole) + NK ve všech ostatních variantách při každoročním hnojení vyšší než při zásobním hnojení PK. Při hodnocení průměrných hodnot sledovaných variant jsme u každoročního hnojení PK (2,5 OJ/1 kg P_2O_5) zjistili o 47 % vyšší produktivnost zvýšeného odběru P_2O_5 než u zásobního hnojení PK (1,7 OJ/1 kg P_2O_5). Můžeme konstatovat, že použitou intenzitou fosforečného hnojení je u zásobního hnojení PK výrazněji ovlivněn odběr P_2O_5 rostlinami ve srovnání s dosaženými výnosy plodin než u každoročního hnojení PK.

Bilance fosforu v půdě a rostlině. Bilance dodaného a rostlinami odčerpaného fosforu udává (tabulka IV), že v pětiletém sledu plodin (v průměru vždy 4 variant hnojení) bylo ze stejné dávky 357 kg P_2O_5 /ha odebráno při každoročním hnojení fosforem 264 kg P_2O_5 /ha (= 76 %) a při zásobním hnojení fosforem 281 kg P_2O_5 /ha (= 81 %).

U obou způsobů byla hnojením kryta nejen potřeba rostlin, ale navíc se zásoba fosforu v půdě zvýšila při každoročním hnojení o 93 kg P_2O_5 /ha a při zásobním hnojení o 76 kg P_2O_5 /ha, tj. o 27 a 35 % z odebraného množství P_2O_5 rostlinami. Zásobním hnojením vzrůstá odběr rostlinami a snižuje se podíl dodaný do půdy; u každoročního hnojení je tomu naopak.

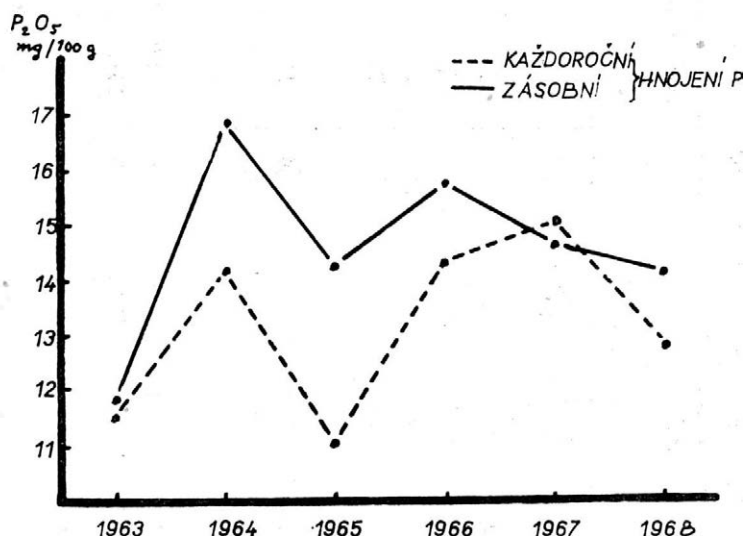
Nevyužitých 26 % u každoročního hnojení a 21 % u zásobního hnojení dodaného fosforu přechází do celkové i přístupné zásoby P_2O_5 v půdě.

Na bilanci dodaného a rostlinami odčerpaného fosforu úzce navazují výsledky obsahu přístupného P_2O_5 v půdě stanoveného Egnérovou metodou. Průběh rozbořem zjištěných hodnot (obr. 4) v jednotlivých letech za období 1963–1968 ukazuje (v průměru 4 variant hnojení) závislost obsahu P_2O_5 v půdě podle Egnéra na druhu plodin i průběhu meteorologických podmínek při vyšších hodno-

IV. Bilance fosforu v půdě a rostlině při každoročním a zásobním hnojení PK (5 plodin za období 1964–1968). — Phosphorus balance in soil and plant, for annual and reserve supply of PK (5 crops, for the period 1964–1968)

Ukazatelé	Každoroční hnojení PK					Zásobní hnojení PK			
	varianty hnojení								
	0	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$N_1P_1K_1$ K _{st}	$N_2P_2K_2$ K _{st}	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$N_1P_1K_1$ K _{st}	$N_2P_2K_2$ K _{st}
Dodáno hnojením P_h (kg P_2O_5 /ha)	—	288	354	359	425	288	354	359	425
Odebráno rostlinami P_r (kg P_2O_5 /ha)	233	273	255	266	261	274	270	289	291
Bilanční přebytek (schodek) v kg	−233	+15	+99	+93	+164	+14	+84	+70	+134
Využití dodaného P_2O_5 v %	—	95	72	74	61	95	76	81	70
Obsah přístup. P_2O_5 v půdě v mg/100 g									
rok 1964	9,6	11,0	12,8	11,5	11,8	14,4	15,7	12,6	13,9
rok 1968	11,2	12,6	13,8	15,1	15,7	13,6	17,6	14,1	15,4
Zvýšení (snížení) obsahu přístup. P_2O_5 v půdě (P_p)									
mg/100 g	+1,6	+1,6	+1,0	+3,6	+3,9	−0,8	+1,9	+1,5	+1,5
kg/ha	48,0	48,0	30,0	108,0	117,0	−24,0	157,0	45,0	45,0
$\Sigma (P_r \pm P_p)$ v kg/ha	281	321	285	374	378	250	324	334	336
$\frac{\Sigma (P_r \pm P_p)}{P_h} : 100 = \%$	—	112	81	105	89	90	87	93	79

tách u zásobního než každoročního hnojení. Hodnoty, vypočítané pomocí přímkového trendu z rozboru zjištěných údajů, dokazují, že pětileté hnojení P_2O_5 pouze mírně zvýšilo obsah P_2O_5 podle Egnéra, a to u každoročního hnojení o 2,5 mg/100 g a u zásobního hnojení o 1,2 mg/100 g. Diference mezi počátečním a konečným množstvím fosforu podle Egnéra dosahuje u každoročního hnojení 76 kg/ha a u zásobního hnojení 31 kg/ha.



4. Vliv každoročního a zásobního hnojení P na obsah přístupného P_2O_5 v půdě (průměr 4 variant za období 1964—1968). — The effect of annual and reserve application of P on the content of available P_2O_5 in soil (average value for 4 variants for the period 1964—1968)

Zjistili jsme, že se obsah přístupného P_2O_5 v půdě podle Egnéra zvýšil o 1 mg/100 g, když jsme při každoročním hnojení dodali o 37 kg P_2O_5 /ha a při zásobním hnojení o 62 kg P_2O_5 /ha více než odčerpaly rostliny. Do přístupné formy P_2O_5 v půdě přecházejí při každoročním hnojení 82 % a při zásobním hnojení 41 % bilančního přebytku fosforu. Zbývajících 18 a 59 % dodaného a rostlinami neodčerpaného množství fosforu přechází do ostatní neaktivní půdní zásoby P_2O_5 , která se nestanoví Egnérovou metodou.

Pomocí společného ukazatele $\Sigma (P_r \pm P_p)$ jsme zjistili, že příznivá bilance P_2O_5 v půdě (kromě var. $N_1P_1K_1$ při zásobním hnojení), resp. plné krytí potřeby rostlin a přírůstků přístupného P_2O_5 v půdě závisí při každoročním hnojení až do dávky 58 kg P_2O_5 /ha ($N_1P_1K_1$, příp. 72 kg/ha = $K_{st} + N_1P_1K_1$) na určitém množství mobilizovatelného fosforu z neaktivní formy P_2O_5 v půdě $[(P_h - P_r) - P_p]$.

Celkový využitelný podíl hnojením dodaného fosforu $\Sigma (P_r \pm P_p) : (P_h) \times 100$ (%) dokládá, že při nižších hodnotách pod 100 % přechází do půdní neaktivní zásoby větší množství dodaného P_2O_5 než při vyšších hodnotách; hodnoty nad 100 % určují množství P_2O_5 využité z neaktivní zásoby v půdě.

Ekonomická efektivnost zásobního hnojení PK. Pro zhodnocení ekonomické efektivnosti zásobního hnojení fosforem a draslem na

V. Ekonomická efektivnost každoročního a zásobního hnojení PK (Celkem 5 plodin za období 1964–1968). — Economic effectivity of annual and reserve PK fertilization (total number of 5 crops, for the period 1964–1968)

Ekonomické ukazatele	Každoroční hnojení PK + N				Zásobní hnojení PK + N			
	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$N_1P_1K_1$ Kst	$N_2P_2K_2$ Kst	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$N_1P_1K_1$ Kst	$N_2P_2K_2$ Kst
	v Kčs/ha							
Zvýšení hrubé produkce hnojením	8890	11328	11628	11786	9802	10521	12842	12644
Náklady na hnojení:								
a) průmyslová hnojiva								
— nákup	1941	2480	1941	2480	1941	2480	1941	2480
— manipulace*	407	420	407	420	291	304	291	304
b) výroba a rozmetání kompostu	—	—	607	607	—	—	607	607
Náklady na hnojení celkem	2348	2900	2955	3507	2232	2784	2839	3391
Důchod dosažený hnojením	6542	8428	8673	8279	7570	7737	10003	9253
Ekonomická účinnost nákladů	3,79	3,91	3,94	3,36	4,39	3,78	4,52	3,73

* podle Šilara (1968)

5 let jsme použili běžné hlavní ukazatele (tabulka V), pomocí kterých jsme v průměru použitých způsobů hnojení zjistili, že každoročním hnojením PK jsme dosáhli u zvýšené hrubé produkce hnojením 95 %, u nákladů na hnojení 96 % a u důchodu dosaženého hnojením pouze 92 % těchto hodnot propočítaných při zásobním hnojení PK (100 %).

Na 1 Kčs nákladů na každoroční hnojení jsme ve zvýšené hrubé produkci získali 3,75 Kčs, zatímco při zásobním hnojení 4,11 Kčs. Při každoroční manipulaci s hnojivem klesá ve srovnání se zásobním hnojením účinnost nákladů o 9 %. Rozdíly mezi oběma způsoby hnojení jsou v nákladech na hnojení pouze u manipulace s hnojivem. V této položce, při zhruba stejných ostatních manipulačních nákladech, klesly vlivem nižších nákladů na skladování a zejména na rozmetání celkové manipulační náklady při zásobním hnojení ve srovnání s každoročním hnojením (100 %) na 72 %.

Nejvyšší ekonomické účinnosti vynaložených nákladů na hnojení jsme u obou způsobů dosáhli ve variantě $Kst + N_1P_1K_1$ (52 kg N, 72 kg P_2O_5 , 172 kg K_2O /ha), přičemž tato účinnost je u zásobního hnojení o 16 % vyšší než u každoročního hnojení. Se stupňovanou intenzitou minerálního hnojení však účinnost nákladů na hnojení u obou způsobů klesá o 15–17 % vlivem poměrně vyšších nákladů na hnojení, kterým neodpovídá přírůstek zvýšení hrubé produkce hnojením.

DISKUSE

Cílem všech opatření v soustavě hnojení je kromě intenzifikace výroby a zvyšování půdní úrodnosti i snížení nákladů na hnojení. Jedním z těchto opatření, které splňuje požadavky těchto ukazatelů, je i zásobní hnojení fosforem a draslem.

V tomto sdělení, ve kterém jsme se více věnovali fosforu než draslíku, jsme prokázali, že zásobním hnojením na těžší hnědozemí v semihumidních podmínkách Ruzyně můžeme nahradit každoroční hnojení se všemi příznivými účinky na zvýšení hrubé produkce, půdní úrodnost, produktivnost fosforu i ekonomickou efektivnost hnojení.

Na rozdíl od některých autorů, např. *Ansorgeho* (1968), který doporučuje tříleté zásobní hnojení fosforem, jsme prokázali, že v daných půdně klimatických podmínkách řepařské oblasti můžeme se všemi výhodami, které toto opatření přináší, hnojit fosforem (příp. draslem) na 5 let.

Při tomto způsobu hnojení — ve srovnání s každoročním hnojením PK — mírně vzrůstají výnosy suché hmoty plodin i hrubá produkce s významným zvýšením přírůstků výnosu hlavních a vedlejších produktů v některých variantách hnojení (např. $Kst + N_1P_1K_1$). Vliv statkových hnojiv na účinnost každoročního a zásobního hnojení P_2O_5 je zhruba stejný.

Vyšší odběr fosforu i dalších živin při zásobním oproti každoročnímu hnojení odpovídá vyšším výnosům plodin. Nejvýrazněji byl zásobním hnojením ovlivněn odběr P_2O_5 (o 9 %). S tím souvisí i produktivnost odebraného fosforu rostlinami. Při zvýšeném odběru P_2O_5 stoupá u zásobního oproti každoročnímu hnojení využití dodaného fosforu plodinami v průměru z 9 na 14 %, ale jeho produktivnost klesá. Naproti tomu produktivnost dodaného P_2O_5 potvrzuje efektivnost použitých dávek.

Bilance dodaného a rostlinami odčerpaného fosforu je příznivější u každoročního než u zásobního hnojení, což se projevuje i ve vlivu hnojení na obsah přístupného P_2O_5 v půdě. Pro zvýšení obsahu přístupného množství P_2O_5 v půdě o 1 mg/100 g stačilo při každoročním hnojení 37 kg P_2O_5 /ha, zatímco u zásobního hnojení 62 kg P_2O_5 /ha. Z bilančního přebytku P_2O_5 u každoročního hnojení přechází do přístupné formy 82 %, kdežto při zásobním hnojení pouze 41 %. Potvrdila se námi již dříve zjištěná skutečnost (*Škarda* 1967), že v daných podmínkách až do dávky 60–70 kg P_2O_5 /ha je plné krytí potřeby rostlin a přírůstku přístupného množství P_2O_5 v půdě závislé na určitém množství mobilizovatelného P_2O_5 z neaktivní formy P_2O_5 z půdy.

Ekonomická efektivnost zásobního hnojení PK je u všech ukazatelů příznivější než u každoročního hnojení PK. Manipulační náklady na rozmetání a skladování jsou u zásobního hnojení o více než čtvrtinu nižší než u každoročního hnojení s vyšší ekonomickou účinností celkových nákladů na hnojení o 10 %.

Literatura

- ANSORGE H., 1962, Untersuchungen über den Zeitpunkt der Düngung mit Phosphorsäure und Kali. Z. landwirtsch. Versuchs- u. Untersuchungswesen 8: 234—240.
- , 1963, Untersuchungen über die „Vorratsdüngung“ mit Phosphorsäure und Kali. Z. landwirtsch. Versuchs- u. Untersuchungswesen 9: 467—473.
- , 1963, Vorratsdüngung mit Phosphorsäure und Kali in der Fruchtfolge. Dt. Landwirtschaft. 14 : 119—121.
- ANSORGE H., GÖRLITZ H., SPECHT G., KUNDLER P. 1967, Grundzüge standortgerechter Verfahren der Mineraldüngieranwendung auf der Grundlage von Feldversuchsergebnissen. Albrecht-Thaer-Archiv, sv. 12, 5/6 : 525—535.
- ANSORGE H., 1967, Möglichkeiten der Vorratsdüngung mit Phosphorsäure und Kali. Sonderdruck Tagungsberichte č. 76 : 37—46.
- AUFHAMMER G., KNOBLOCH W., 1966, Ergebnisse eines Phosphorsäuresteigerungs- und Vorratsdüngungs-Versuches auf Ackerland im Voralpengebiet. Phosphorsäure 26, č. 5/6 : 161—173.
- BAIER J., SMETÁNKOVÁ M., KRISTAN F., 1967, Vyšetření efektivnosti předzásobního hnojení kyselinou fosforečnou. Závěrečná zpráva ÚVR Praha — Ruzyně.
- BAIER J. a kol., 1968, Sledování účinku melioračního hnojení fosforečnými hnojivy. Závěrečná zpráva ÚVR Praha — Ruzyně.
- GERICKE S., BÄRMANN C., 1963, Die Wirkung steigender Phosphatgaben bei langjähriger Anwendung auf Ertrag und Nährstoffgehalt der Pflanzen. Essen, Tellus-Verlag 40 str.
- GÖRLITZ H., 1964, Verlauf der Düngewirkung von Phosphaten bei jährlicher Anwendung und Vorratsdüngung. Vortrag Sektion Bodenkunde und Pflanzenernährung der DAL. 11. 7. 1964.
- NEUBERG J., 1967, K otázkám zákonitostí výživy rostlin v období intenzifikace zemědělské výroby průmyslovými hnojivy. Rostlinná výroba, 13. 1 : 25—50.
- ORTLEPP H., 1961, Düngung mit Phosphorsäure und Kali im Herbst oder Frühjahr? Mitt. Dt. Landwirtschaft. — Ges. 76 : 1007—1008.
- SCHMID G., 1961, Rentabilitätsfragen einer 6-jährigen Vorratsdüngung mit Thomasphosphat. Phosphorsäure r. 21. č. 34 : 142—155.
- ŠILAR J., 1968, Ekonomika technologických postupů minerálního hnojení s přihlednutím k moderním typům průmyslových hnojiv. Závěrečná zpráva ÚVR Praha — Ruzyně.
- , 1969, Ekonomická efektivnost systémů periodického (zásobního) hnojení. Agrochémia, IX, 8 : 195—198.
- ŠKARDA M., 1967, Vliv hnojení na bilanci draslíku v půdě. Rostlinná výroba 13, 3 : 271—284.
- , 1967, Vliv dlouhodobého hnojení na obsah přístupného fosforu a jeho bilanci v půdě. Rostlinná výroba 13, č. 5 : 477—486.
- , 1968, Vliv statkových hnojiv na bilanci a produkčně-ekonomickou efektivnost živin při stupňované intenzitě hnojení v horské oblasti. Závěrečná zpráva ÚVR Praha—Ruzyně.

Došlo dne 15. 1. 1970

ŠKARDA M., KOULA J. *Vliv zásobního hnojení fosforem na půdu a rostliny v řepařském osevním postupu.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 525—536, 1970.

Na těžší neutrální hnědozemí v semihumidních podmínkách řepařské oblasti se středním obsahem přístupného P_2O_5 a K_2O v půdě plně nahradí pětileté zásobní hnojení fosforem (a draslem) každoroční hnojení těmito živinami. Při vyšších výnosech suché hmoty plodin a vyšší hrubé produkci odebraly plodiny při zásobním hnojení více živin než při každoročním hnojení, přičemž spotřeba živin na 1 OJ/ha byla v průměru použitých variant u obou způsobů hnojení zhruba stejná. Se stoupajícím využitím dodaného fosforu klesá v porovnání s každoročním hnojením u zásobního hnojení produktivnost odebraného fosforu. Produktivnost dodaného fosforu je však u tohoto způsobu hnojení efektivnější. Pozitivní vliv hnojení na bilanci dodaného a rostlinami odčerpaného fosforu byl u každoroční aplikace P_2O_5 výraznější než u zásobního hnojení, což se příznivě odrazilo i ve vlivu každoročního hnojení fosforem na zvýšení obsahu přístupného P_2O_5 v půdě. Ekonomická efektivnost zásobního hnojení fosforem (a draslem) je u všech hlavních ukazatelů vyšší než při každoročním hnojení. Manipulační náklady na rozmetání a skladování klesly u zásobního hnojení ve srovnání s každoroční aplikací fosforu (a drasla) o více než $\frac{1}{4}$.

zásobní hnojení fosforem; výnos suché hmoty; odběr fosforu; produktivnost fosforu; bilance fosforu; ekonomická efektivnost hnojení; obsah přístupného fosforu v půdě; hrubá produkce

ШКАРДА М., КОУЛА Й. (Институт питания растений, Прага-Рузыне). Влияние дополнительного удобрения фосфором на почву и растения в свекловичном севообороте. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 525-536, 1970.

На более тяжелом нейтральном буроземе в полувлажных условиях свекловичной области со средним или хорошим содержанием доступных P_2O_5 и K_2O в почве пятилетнего удобрения фосфором (и калием) в запас полностью заменит ежегодное удобрение этими действующими веществами. При более высоком выходе сухого вещества культур и при более высокой валовой продукции при удобрении в запас культуры поглощали больше питательных веществ, чем при ежегодном удобрении, причем среднее потребление питательных веществ на 1 ед. посева/га у применяемых вариантов обоих способов удобрения почти одинаково. С возрастающим потреблением внесенного фосфора при удобрении в запас по сравнению с ежегодным удобрением снижается продуктивность усвоенного фосфора. Продуктивность внесенного фосфора, однако, при этом способе удобрения более эффективна. Положительное влияние на баланс внесенного и усвоенного растениями фосфора при внесении P_2O_5 более отчетливо, чем при удобрении в запас, что благоприятно отразилось на ежегодном влиянии удобрения фосфором на повышение содержания доступной P_2O_5 в почве. Экономическая эффективность удобрения в запас фосфором (и калием) у всех главных показателей выше, чем при ежегодном удобрении. Издержки производства на разбрасывание и хранение удобрений при удобрении в запас по сравнению с ежегодным применением фосфора (и калия) снизились более, чем на $1/4$.

удобрение фосфором в запас; выход сухого вещества; потребление фосфора; продуктивность фосфора; баланс фосфора; экономическая эффективность удобрения; содержание доступного фосфора в почве; валовая продукция

Adresy autorů:

Ing. Milan Škarda, CSc., VÚRV, Ústav výživy rostlin, Praha-Ruzyně, ing. Jan Koula, VÚRV, Ústav výživy rostlin, Praha-Ruzyně

STUDIUM ZMĚN PŮDNÍCH FOSFÁTŮ PO APLIKACI FOSFOREČNANŮ VÁPENATÝCH VE VZTAHU K ROSTLINĚ

I. VÝNOSOVÉ VÝSLEDKY A JEJICH ZÁVISLOST NA „PŘÍSTUPNÉM“ FOSFORU V PŮDĚ

F. HAMAN

HAMAN F. (University of Agriculture, Brno). *Examination of Changes in Soil Phosphates after the Application of Calcium Phosphates in Relation to the Plant. I. Yield Results and Their Dependence on „Available“ Phosphorus in Soil.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 537-550, 1970.

A pot-experiment with lucerne was initiated for the purpose of the study of the change-rate in soil phosphates contained in topsoil in two types of soils: washed-off chernozem and brown soil, the changes being caused by the application of calcium phosphates of different solubility. At the same time there was an examination of the phosphorus uptake by plants from different forms of soil phosphates. In this first report the author treats the effect of the applied phosphoric salts (monocalcium phosphate and dicalcium phosphate) on the formation of the overground matter, roots, and the amount of phosphorus taken-up by plants. Furthermore, the dependence of these indices on the so-called available P, determined according to the Egnér method, is being studied. Evidence was found concerning the direct dependence of the formation of overground matter on the amount of phosphorus taken up. The correlation of phosphorus, taken up in the overground parts of lucerne, with available P determined according to Egnér occurred only in alkaline soil of the chernozem type. The Egnér method does not prove to be an applicable universal method for all types of soils in Czechoslovakia.

calcium phosphates; soil phosphates; lucerne

Dosavadní intenzivní hledání závislostí mezi fosforečným hnojením a výnosy přineslo sice na základě polních pokusů mnohé poznatky, zejména pro praktickou aplikaci hnojiv, avšak polní pokusy samy o sobě neumožňují další rozvoj na úseku poznání zákonitostí výživy rostlin a stěží značněji přispějí k doplnění teoretických znalostí o efektivnosti využívání fosforečných hnojiv. To neznamená, že další polní pokusy nejsou nutné pro praxi i pro vědu, ale že je třeba napříště sledovat nejenom vliv hnojiv na výnos, ale intenzivně a cílevědomě studovat podmínky tvorby výnosů v závislosti na minerálních živinách. V případě fosforečné výživy rostlin to znamená poznat povahu produktů reakcí fosforečných sloučenin s půdou a faktory, které tyto reakce a mechanismus příjmu fosforu rostlinou ovlivňují, a současně pracovat na výzkumu vytváření optimálních zdrojů fosforu pro tvorbu vysokých výnosů plodin.

Pro poznání těchto reakcí a jejich produktů je důležité používání vhodných chemických metod, jejichž výsledky by se co nejvíce blížily objektivnímu stavu chemismu fosforu v půdě a příjmu fosforu rostlinami. V koncepci agrochemického zkoušení půd na rok 1970 (ÚKZÚZ 1969) byl vysloven požadavek na náš agrochemický výzkum řešit problémy metodického a základního charakteru (hodnocení výsledků agrochemických metod na zkoušení zásob živin v půdě a jejich korelace s příjmem živin rostlinami, ověřování nových vhodných metod ap.). Práce na řešení této problematiky byly u nás již započaty především zásluhou pracovníků Ústavu výživy rostlin, Praha-Ruzyně (Pírk a kol. 1965, Pírk,

Novozámský 1966, 1967 a Novozámský, Pírk 1968). Doufám, že i tato práce částečně přispěje k řešení uvedené problematiky.

V nádobovém pokusu, jehož výsledky touto prací zveřejňuji, byla použita testovací plodina vojtěška setá, která dosti citlivě reaguje na hladinu přístupného fosforu v půdě, zvláště v počátečním vývoji v období zakořeňování. Poznatky o reakci vojtěšky na hnojení fosforem z mnoha pokusů polních i nádobových shrnul ve své práci Brown (1961). U nás otázku výživy vojtěšky fosforem, především v prvním roce ontogeneze, podrobně studoval Jurčík (1967, 1968), Jurčík, Barák, Podešva (1969).

Výsledky z mého pokusu předpokládám zveřejnit ve více sděleních, přičemž v tomto prvním se zabývám vztahy mezi výnosy, rostlinami přijatým fosforem a tzv. „přístupným“ fosforem v půdě.

MATERIÁL A METODY

Ve snaze studovat dynamiku změn půdních fosfátů po aplikaci různě rozpustných fosforečnanů vápenatých a příjem fosforu rostlinami byl založen nádobový polyfaktorální pokus se schématem $3 \times 2 \times 2$ faktory. V pokusu byly tři varianty fosforečného hnojení: 1. nehnojeno, 2. monokalciumpfosfát (MCP), 3. dikalciumpfosfát (DCP) v nádobách neosetých a stejné varianty hnojení (4., 5., 6.) oseté vojtěškou setou, aplikované na orníčních zeminách dvou typů půd — černozem smytá (A) a hnědá půda (B). Každá varianta hnojení měla 6 nádob neosetých a 9 nádob osetých vojtěškou setou, odrůda 'Jihomoravská krajová' s 10 rostlinami v nádobě. Dávka fosforu na nádobu byla 1,5 g P_2O_5 , tj. 0,65 g P ve formě chemicky čistých solí, zapravených promícháním s celým obsahem nádoby. Ostatní živiny aplikovány nebyly. Všechny nádoby obsahovaly 6 kg sušiny pokusných zemín. Pokus trval dvě vegetační období a byl umístěn ve skleníku typu 'Japan'. Oseté i neoseté nádoby byl během vegetace zalévány destilovanou vodou na 60% maximální kapilární kapacitu půdy v nádobě. Denní ztráta vláhy byla zjišťována vážením nádob a doplňována destilovanou vodou na propočtenou váhu, odpovídající výše uvedené kapacitě.

Během prvního vegetačního období byly sklizeny čtyři seče vojtěšky na zeleno. Sklizené byly prováděny vesměs na začátku květu. Po jednotlivých sečích byly z jedné oseté nádoby v každé variantě vyplaveny kořeny pro zjištění rozvoje kořenové soustavy. Při první a čtvrté seči byly též odebrány vzorky půdy z jedné nádoby oseté a jedné neoseté v každé variantě hnojení. Dále byly vzorky půdy odebrány na jaře následujícího roku, na začátku vegetace a na podzim po ukončení pokusu. První seč v druhém vegetačním období (v pořadí 5.) byla sklizena na zeleno, druhá (6.) byla ponechána na semeno. Pro druhé vegetační období byly uchovány dvě nádoby neoseté a tři oseté z každé varianty hnojení. Nádoby byly přes zimu uskladněny v chladném nevytápěném skleníku.

Ve vzorcích organické hmoty nadzemních částí rostlin a kořenů byl stanoven přijatý fosfor kolorimetricky po spálení na mokré cestě. Ve vzorcích půdy byla prováděna tato stanovení: půdní reakce (pH/ H_2O a pH/KCl), přístupný fosfor podle Egnéra, frakcionace minerálních fosfátů metodou Changa a Jacksona (1957).

Charakteristika pokusných zemín:

Zemina A — ornice z černozemě smyté (Šlapanice u Brna) hlinitá, středně humózní s vysokým obsahem $CaCO_3$. Koloidní komplex plně nasycen ($V = 100\%$). Vznikla na matečním substrátu — silně vápenité spraši.

Zemina B — ornice hnědé půdy (Náměšť n/Osl.) písčitohlinitá s vyšším obsahem písku a šterku, mírně humózní, koloidní komplex slabě nasycen. Půdotvorným substrátem jsou pararuly.

Agrochemické vlastnosti pokusných zemín:		A	B
půdní reakce — pH/ H_2O		7,65	6,75
— pH/KCl		7,25	6,15
přístupný fosfor podle Egnéra mg P/100 g		7,00	4,50
přístupný draslík podle Schacht. mg K_2O /100 g		17,75	14,35
dušík podle Kjeldahla % N		0,202	0,162
celkový humus v %		2,85	2,16
uhličitany v %		5,37	0,14

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výnosové výsledky zelené hmoty, sušiny a přijatého fosforu nadzemních částí vojtěšky, popřípadě i jejich statistické vyhodnocení analýzou rozptylu jsou uvedeny v tabulkách I až IV a v grafech na obr. č. 1 a 2. Průkazné rozdíly mezi variantami jsou vyznačeny svorkami za průměrnými hodnotami.

Monokalciumfosfát (MCP), zapravený do orniční zeminy černozemě smyté (A), zvyšoval prokazatelně výnos čerstvé nadzemní hmoty ve všech šesti sečích, a to nejen proti variantě nehnojené fosforem, ale zpravidla i proti variantě hno-

I. Výnosové výsledky vojtěšky v jednotlivých sečích — černozem smytá (Ø na nádobu). — Yield results of lucerne in different cuts — chernozem washed-off (average values per pot)

Vari- anty	Váha zelené hmoty (g) v					6. seč — váha (g)		
	1. seči	2. seči	3. seči	4. seči	5. seči	čerstvé hmoty	lusků	semen
4	10,63	22,40	21,39	38,55	47,56	38,36	7,96	3,33
5	16,51	30,96	26,06	45,63	63,44	46,94	10,20	3,59
6	14,08	25,67	17,08	40,82	60,47	44,61	8,90	3,70

Ia. Tabulka analýzy rozptylu. — Variance analysis table

Zdroj proměnnosti	Stupně volného N	Průměrná čtvercová odchylka pro:							
		váhu zelené hmoty v seči					6. seč — váhu		
		1.	2.	3.	4.	5.+	čerstvé hmoty	lusků	semen
mezi va- riantami uvnitř variant	2	52,35*	111,86*	121,07*	78,31*	213,83*	59,018*	3,785*	0,112
	15 (6)+	0,48	4,35	2,38	3,54	13,93	1,254	0,226	0,046

+ stupně volnosti pro označený ukazatel

II. Výnosové výsledky vojtěšky v jednotlivých sečích — hnědá půda (Ø na nádobu). — Yield results obtained in lucerne in different cuts — brown soil (average values per pot)

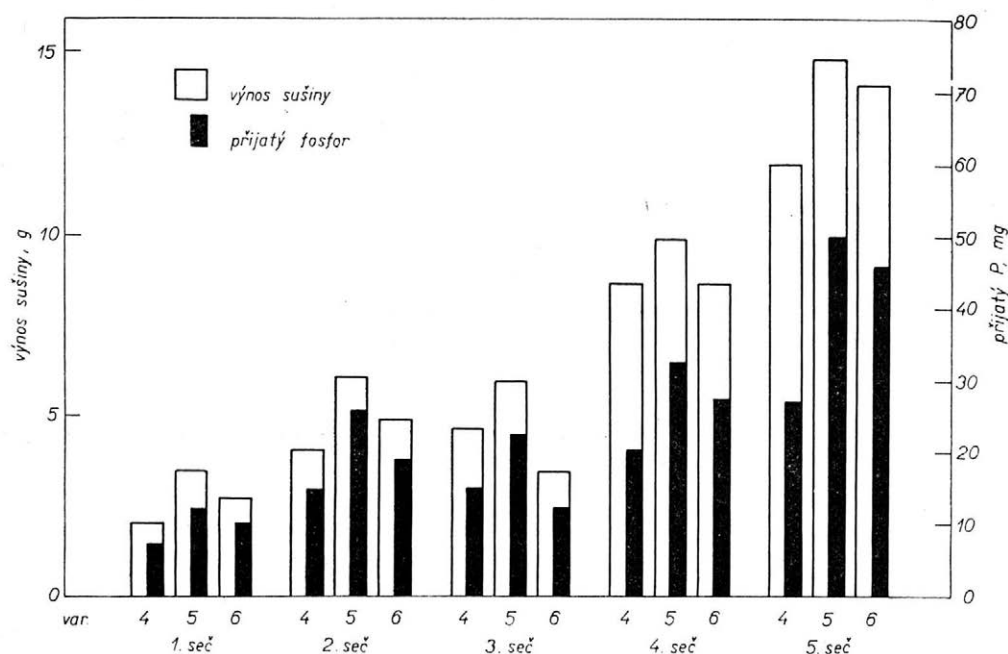
Vari- anty	Váha zelené hmoty (g) v					6. seč — váha (g)		
	1. seči	2. seči	3. seči	4. seči	5. seči	čerstvé hmoty	lusků	semen
4	16,90	28,38	28,16	38,90	65,48	49,58	9,85	4,20
5	19,45	32,38	31,07	46,73	70,83	52,36	11,89	5,10
6	20,43	31,02	27,10	44,47	74,57	53,07	11,10	4,40

IIa. Tabulka analýzy rozptylu. — Variance analysis table

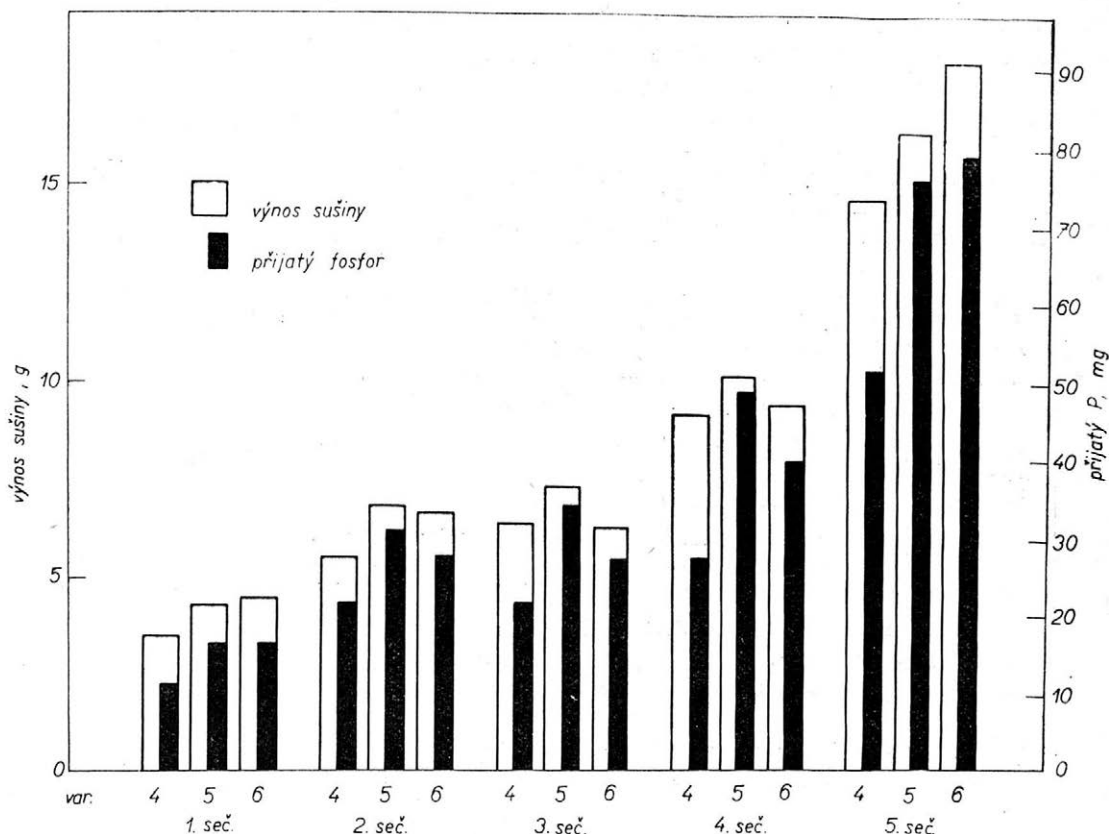
Zdroj proměnlivosti	Stupně volného N	Průměrná čtvercová odchylka pro:							
		váhu zelené hmoty v seči					6. seč — váhu		
		1.	2.	3.	4.	5.+	čerstvé hmoty	lusků	semen
mezi variantami uvnitř variant	2	19,93*	24,877*	29,16*	58,47*	62,62	10,165	3,174	0,677
	15 (6)+	0,96	2,749	2,15	11,51	28,03	21,211	1,705	0,452

+ stupně volnosti pro označený ukazatel

jené dikalicumfosfátem (DCP). Následkem zapravení DCP nastalo průkazné zvýšení výnosů zelené hmoty vojtěšky na černozemi pouze v prvních dvou sečích, zatímco ve třetí seči vznikla hluboká deprese v tvorbě nadzemních částí vojtěšky. Ani ve čtvrté seči nebyl průkazný rozdíl mezi touto variantou a kontrolou a teprve v páté seči, sklizené až v druhém vegetačním období, projevil se opět příznivý vliv fosforu dodaného ve formě DCP. Tato deprese svědčí o neschopnosti DCP zásobovat na alkalické půdě pohotově vojtěšku fosforem po celé její vegetační období a zvláště v době jejího nejintenzivnějšího růstu, kdy jsou pro její růst ostatní vegetační faktory příznivé. Je to způsobeno nižší rozpustností tohoto hnojiva v neutrálním až alkalickém prostředí, nízkou reaktivností s půdou



1. Výnos sušiny a přijatého fosforu v jednotlivých sečích vojtěšky na zeleno (průměr na nádobu) — černozem smytá. — Yield of dry matter and up-taken phosphorus in different cuts of lucerne for green matter (average value per pot) — washed-off chernozem



2. Výnos sušiny a přijatého fosforu v jednotlivých sečích vojtěšky na zeleno (průměr na nádobu) — hnědá půda. — Yield of dry matter and up-taken phosphorus in different cuts of lucerne for green matter (average value per pot) — brown soil

a tedy i jeho malou využitelností. Potvrzení toho můžeme najít i v grafu na obr. č. 1, kde v třetí seči vojtěška odčerpala z černozemní půdy s DCP nejméně fosforu ze všech variant. V šesté seči na semeno vyvolaly jak MCP, tak i DCP průkazné zvýšení váhy především vegetativních orgánů vojtěšky, avšak zvýšení produkce semen průkazné není.

Ze srovnání výnosů zelené hmoty vojtěšky (tabulky I a II), sušiny a přijatého fosforu (grafy na obr. č. 1 a 2) v jednotlivých sečích na obou pokusných zemích vyplývá jednoznačně, že na hnědé půdě měla vojtěška lepší podmínky pro svůj růst a tvorbu nadzemní hmoty a dala zde vyšší výnosy než na černozemi smyté. Je to patrně způsobeno přenesením orniční zeminy hnědé půdy do jiných podmínek (nižší nadmořská výška, vyšší průměrná denní teplota, optimální vodní režim aj.), což vyvolalo příznivé změny v chemismu této půdy a tak zlepšilo výživu rostlin. To svědčí o vysoké potenciální úrodnosti hnědé půdy, tj. schopnosti zabezpečit vysoké výnosy plodin, jestliže jsou jí dodány tepelná energie, vlaha a živiny.

Oba vápenaté fosfáty, aplikované do orniční zeminy hnědé půdy (B), působily příznivě na tvorbu nadzemní hmoty vojtěšky v prvním roce pokusu. Pouze v třetí seči je opět zaznamenán pokles výnosu zelené hmoty po DCP. Znamená

to, že i na této slabě kyselé až neutrální půdě rozpouštěl se DCP pomalu, takže rostliny neměly v nejproduktivnějším období optimální zásobu přístupného fosforu. Dokazuje to opět i graf na obr. č. 2, kde ve třetí seči jediné na variantě 6 měly rostliny v sušině nadzemních částí prakticky stejné množství fosforu jako v seči druhé, zatímco rostliny na ostatních variantách odčerpaly fosforu ve třetí seči více než ve druhé. Přitom porovnáme-li tuto skutečnost s průběhem hladiny přijatelného fosforu podle Egnéra (grafy na obr. č. 3, 3a, 4, 4a), docházíme k rozporu. Z grafů je zřejmé, že u varianty hnojené DCP (2) pohy-

III. Výnos sušiny a přijatého fosforu v 6. seči na semeno — černozem smytá (Ø na nádobu). — Yield of dry matter and phosphorus taken up till the 6th cut for seed-washed-off chernozem (average value per pot)

Var. hno- jení	Sušina v g		P v sušině				P v nadzemní části mg
			%		mg		
	stonků	semen	stonky	semena	stonky	semena	
4	18,68	3,06	0,108	0,676	20,11	20,74	40,84
5	24,44	3,28	0,209	0,855	51,00	28,03	79,03
6	23,86	3,39	0,192	0,832	45,88	28,21	74,09

IIIa. Tabulka analýzy rozptylu. — Variance analysis table

Zdroj proměn- livosti	Stup- ně vol- ného N	Průměrná čtvercová odchylka pro:						
		sušinu		% P v šušině		mgP v šušině		P v nadz. části
		stonků	semen	stonků	semen	stonků	semen	
mezi va- riantami uvnitř variant	2	30,194*	0,083	0,00882*	0,0285*	822,44*	54,540*	1293,934*
	6	0,999	0,041	0,00003	0,0007	2,79	3,698	5,305

IV. Výnos sušiny a přijatého fosforu v 6. seči na semeno — hnědá půda (Ø na nádobu). — Yield of dry matter and phosphorus taken up till the 6th cut for seed-brown soil (average value per pot)

Var. hno- jení	Sušina v g		P v sušině				P v nadzemní části mg
			%		mg		
	stonků	semen	stonky	semena	stonky	semena	
4	20,37	3,83	0,185	0,936	37,62	35,89	73,52
5	23,86	4,67	0,320	1,033	76,26	48,26	124,52
6	25,35	4,04	0,299	1,071	75,71	43,29	119,01

IVa. Tabulka analýzy rozptylu. — Variance analysis table

Zdroj proměnlivosti	Stupně volného N	Průměrná čtvercová odchylka pro:						
		sušinu		% P v sušině		mg P v sušině		P v nadz. části
		stonků	semen	stonků	semen	stonků	semen	
mezi variantami uvnitř variant	2	19,594	0,580	0,016*	0,0146*	1471,97*	116,24	2350,727*
	6	4,633	0,397	0,0002	0,00034	43,12	43,66	105,292

bovala se hladina „přístupného“ fosforu v půdě mezi I. a II. odběrem (odpovídá 1. až 4. seči) nejvýše ze všech variant, a to v obou zeminách a ose-
tých i neosetých nádobách. Dochází zde skutečně k tomu, na co upozornili
Novozámský a Pírk (1968), že Egnérova metoda může po zapravení
DCP za jistých podmínek (neutrální až alkalická reakce), kdy jeho reakce
s půdou je pomalá, ukazovat vysokou zásobu rostlinám přijatelného fosforu.
Ve skutečnosti ale příjem fosforu rostlinami této „zásobenosti“ neodpovídá.
V druhém vegetačním období se výnosové výsledky jednotlivých variant vy-
rovnávají a rozdíly se stávají neprůkazné jak v první seči na zeleno (5. seč),
tak i v druhé (6. seč) na semeno. Je zde sice patrná určitá tendence lepšího pů-
sobení DCP na tvorbu nadzemních orgánů vojtěšky, avšak v souhrnu lze říci,
že v druhém vegetačním období nejsou průkazné rozdíly v účinku MCP a DCP
na této slabě kyselé hnědé půdě.

V pozdějších fázích růstu, po důkladném zakořenění, reaguje vojtěška již
méně na vyšší hladinu fosforu v půdě, způsobenou dodanými hnojivy, a rostliny
jsou celkem schopny opatřit si dostatečné množství fosforu z půdy i v poslední
době nehnojené. To odpovídá výsledkům pokusů, které shrnul ve své práci
Brown (1961). Zatímco v období zakořeňování reagovala vojtěška na hno-
jení superfosfátem zapraveným těsně před setím výrazným zvýšením nadzemní
hmoty i hmoty kořenů, což potvrzuje i Jurčík (1967), v pozdějších fázích
růstu, po zakořenění, reagovala vojtěška velmi málo na vyšší hladiny dostup-
ného fosforu v půdě nebo na přidávaný fosfor po zasetí. Tyto rozdílné výsledky
mohou být způsobeny: 1. neschopností mladých rostlin s málo vyvinutým koře-
novým systémem absorbovat dostatečné množství fosforu z půdy čerstvě fosforem
nehnojené pro jejich potenciálně rychlý růst; 2. schopností rostlin dobře za-
kořeněných získávat dostatečné množství fosforu i z půd zásobených velmi málo
dostupným fosforem pro dosažení téměř maximálních výnosů.

Procentický obsah fosforu v sušině nadzemní části vojtěšky (tabulka V),
pěstované na zemině A, dosáhl vrcholu na všech variantách hnojení v 2. seči
a potom postupně v dalších sečích klesal. Absolutní množství přijatého fosforu
v miligramech i produkce sušiny se však zvyšovaly, jak ukazuje graf na obr.
č. 1 a výsledky v tabulce III až do šesté seče na semeno. Rápidní snížení pro-
centického obsahu fosforu v sušině stonků v 6. seči svědčí také o tom, že v době
zrání nastal v rostlinách přesun fosforu z vegetativních orgánů do semen.
Koncentrace fosforu v sušině vojtěšky, pěstované na zemině B, dosáhla maxima
až ve třetí seči. Bylo to později než na zemině A, ale celkově u všech variant
hnojení bylo procento P v sušině vojtěšky z hnědé půdy značně vyšší než u voj-

V. Obsah fosforu v nadzemních částech vojtěšky v sečích na zeleno (% P v sušině).
— Phosphorus content in the overground parts of lucerne in cuts for green matter
(% of P in dry matter)

Varianta	Na černozemi smyté					Na hnědé půdě				
	1. seč	2. seč	3. seč	4. seč	5. seč	1. seč	2. seč	3. seč	4. seč	5. seč
4	0,350	0,380	0,323	0,233	0,225	0,315	0,394	0,359	0,305	0,349
5	0,357	0,406	0,381	0,336	0,329	0,398	0,460	0,470	0,470	0,464
6	0,371	0,388	0,368	0,309	0,322	0,384	0,410	0,446	0,423	0,432

VI. Tvorba sušiny kořenů a obsah fosforu v kořenech vojtěšky — černozem smytá.
— Formation of dry matter of roots and the content of phosphorus in lucerne roots
— washed-off chernozem

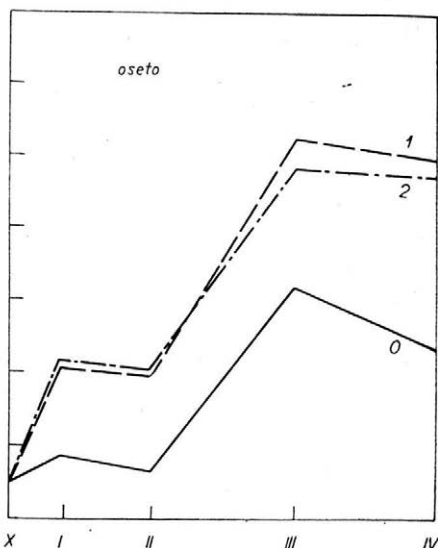
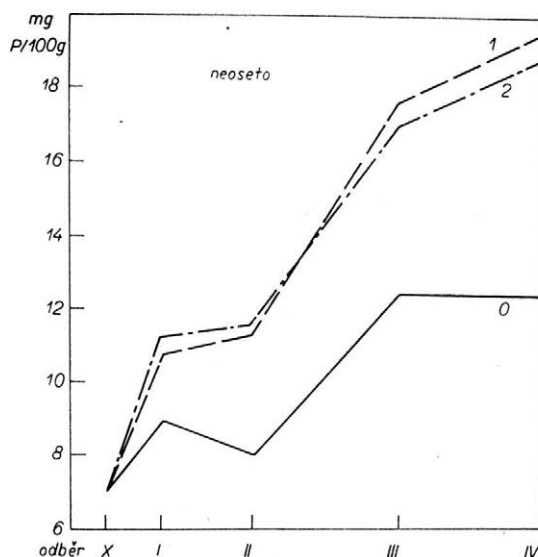
Varianta	Sušina g			P v sušině %			Přijatý P v mg		
	1. seč	4. seč	6. seč	1. seč	4. seč	6. seč	1. seč	4. seč	6. seč
4	1,36	14,16	24,04	0,355	0,231	0,153	4,83	32,71	36,67
5	1,90	13,92	23,89	0,388	0,348	0,320	7,37	48,44	76,45
6	1,72	14,97	26,17	0,370	0,292	0,294	6,36	43,71	76,94

VII. Tvorba sušiny kořenů a obsah fosforu v kořenech vojtěšky — hnědá půda.
— Formation of dry matter of roots and the content of phosphorus in lucerne roots —
brown soil

Varianta	Sušina g			P v sušině %			Přijatý P v mg		
	1. seč	4. seč	6. seč	1. seč	4. seč	6. seč	1. seč	4. seč	6. seč
4	2,87	17,24	23,35	0,346	0,318	0,300	9,93	54,82	70,05
5	2,48	17,44	22,67	0,446	0,375	0,377	11,06	65,40	85,47
6	3,58	16,41	26,30	0,403	0,395	0,414	14,43	64,82	108,88

těšky z černozemě. Z toho je zřejmé, že vyšší příjem fosforu v sušině ovlivňuje kladně tvorbu sušiny a výnos zelené hmoty.

Příjem fosforu rostlinami a jeho vliv na tvorbu sušiny nadzemní hmoty vojtěšky nejlépe ukazují grafy na obr. č. 1 a 2. Z obou grafů je zřejmé, že výnos sušiny a množství přijatého fosforu se postupně v jednotlivých sečích u všech variant zvyšovaly. Určitá stagnace nebo dokonce deprese (var. 6) nastala na obou pokusných zeminách ve třetí seči, na což bylo již dříve poukázáno. Zvyšující se tvorba sušiny a množství přijatého fosforu může být důsledkem rozvoje kořenové soustavy rostlin (viz tabulky VI a VII) a tedy intenzivnější výživy rostlin. Je otázkou, zda tento zvyšující se příjem fosforu je způsoben jenom rozvojem kořenové soustavy, čili příjmem tzv. „přístupného“ fosforu z většího objemu

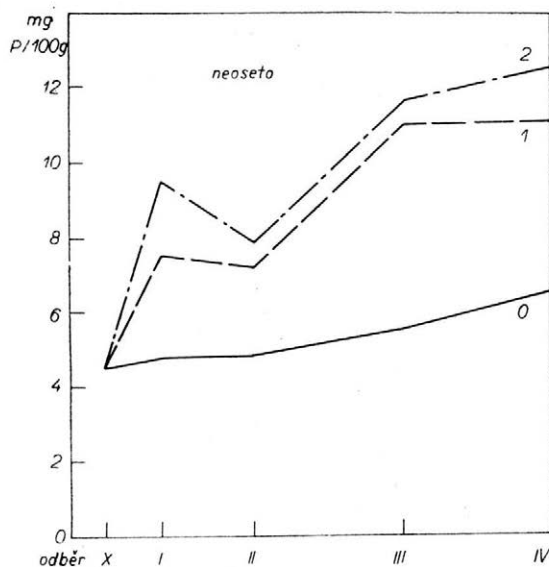


3. Časový průběh změn přístupného fosforu (podle Egnéra) v černozemi smyté během dvou let pokusu s vojtěškou setou — neosesto. 0, 1, 2 varianty hnojení. — Time-course changes in available phosphorus (according to Egnér) in washed-off chernozem in the course of the two years of the duration of the experiment with lucerne — unsown

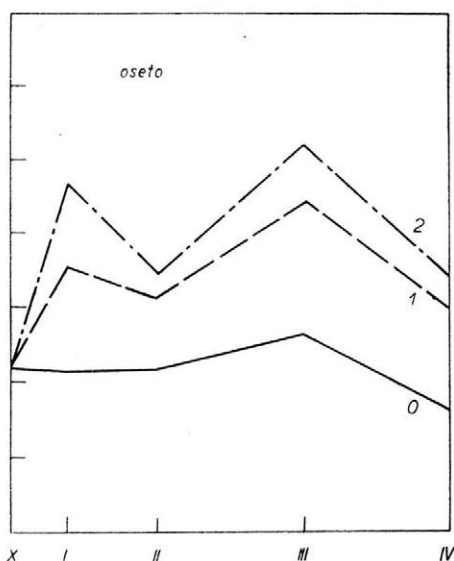
3a. Časový průběh změn přístupného fosforu (podle Egnéra) v černozemi smyté během dvou let pokusu s vojtěškou setou — oseto. 0, 1, 2 varianty hnojení. — Time-course of changes in available phosphorus (according to Egnér) in washed-off chernozem during the two years of the duration of the experiment with lucerne — sown

půdy, nebo je vojtěška schopna, zvláště v pozdějších fázích růstu, opatřovat si fosfor i z pevnějších vazeb fosforu v půdě po odčerpání lehce dostupných forem, anebo zda půda stačí stále doplňovat tyto lehce dostupné formy z celkové zásoby půdního fosforu. Jelikož obsah „přijatelného“ fosforu v půdě (grafy na obr. č. 3, 3a, 4, 4a), v obou vegetačních obdobích (I. odběr až II. a II. až IV.) jak v černozemi smyté, tak i v hnědé půdě klesal (často i na neosetých variantách), musel být zvyšující se příjem fosforu rostlinami kryt především rozvíjející se kořenovou soustavou. Rozvoj kořenového systému je tedy právem pokládán za jeden z faktorů, ovlivňujících příjem fosforu rostlinami. Další odpověď na výše vyslovené otázky by měly dát výsledky chemických rozborů půdy, o kterých bude pojednáno v dalším sdělení.

Vliv fosforečných solí na výnos sušiny vojtěšky a příjem fosforu rostlinami na černozemi smyté ukazují graf na obr. č. 1 a tabulka III. V tomto směru se na této vápenité, slabě alkalické zemině ve všech sečích ukazuje jednoznačně jako vhodnější forma MCP než DCP. To souhlasí s výsledky Jurčíka (1968), který prokázal na alkalické půdě lepší působnost superfosfátu na tvorbu sušiny vojtěšky než u jiných fosforečných hnojiv. Jejím působením nejen že se nejvýrazněji zvýšila produkce sušiny vojtěšky, ale dostává se do koloběhu živin i více fosforu, což má u této důležité pícniny zvláště velký význam. V šesté seči na semeno mělo hnojení fosforečnými sloučeninami průkazný vliv jen na tvorbu sušiny stonků. Zvýšení sušiny semen je neprůkazné stejně jako byly neprůkazné rozdíly ve výnosu semen (tabulka I). Je to částečně způsobeno značným rozptylem hodnot a malým počtem opakování. Rozdíly v obsahu přijatého

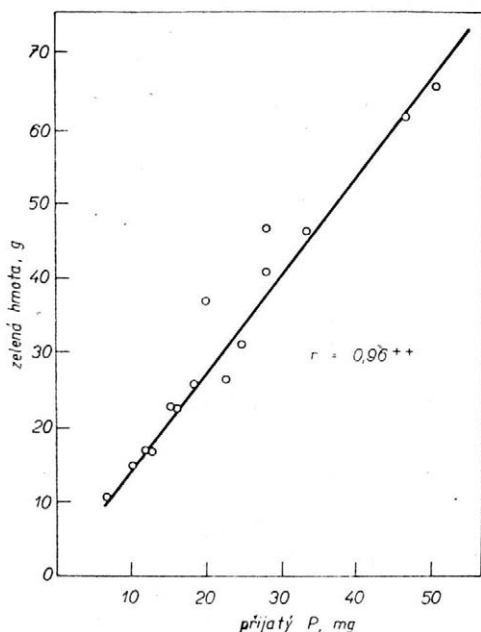


4. Časový průběh změn přístupného fosforu (podle Egnéra) v hnědé půdě během dvou let pokusu s vojtěškou setou — neose to. 0, 1, 2 varianty hnojení. — Time-course of changes in available phosphorus (according to Egnér) in brown soil during the two years of the duration of the experiment with lucerne — unsown



4a. Časový průběh změn přístupného fosforu (podle Egnéra) v hnědé půdě během dvou let pokusu s vojtěškou setou — ose to. 0, 1, 2 varianty hnojení. — Time-course of changes in available phosphorus (according to Egnér) in brown soil during the two years of the experiment with lucerne — sown

fosforu v semenech i stoncích, způsobené fosforečným hnojením, jsou vesměs průkazné. U stonků je v tomto směru opět lepší MPC než DCP. Koncentrace fosforu v sušině kořenů vojtěšky, zjišťovaná pouze v 1., 4. a 6. seči (tabulka VI), postupně klesala, avšak absolutní množství fosforu, vázané v kořenech vojtěšky, neustále vzrůstalo v důsledku intenzivního rozvoje kořenové soustavy a tedy i růstu absolutního množství sušiny kořenů.



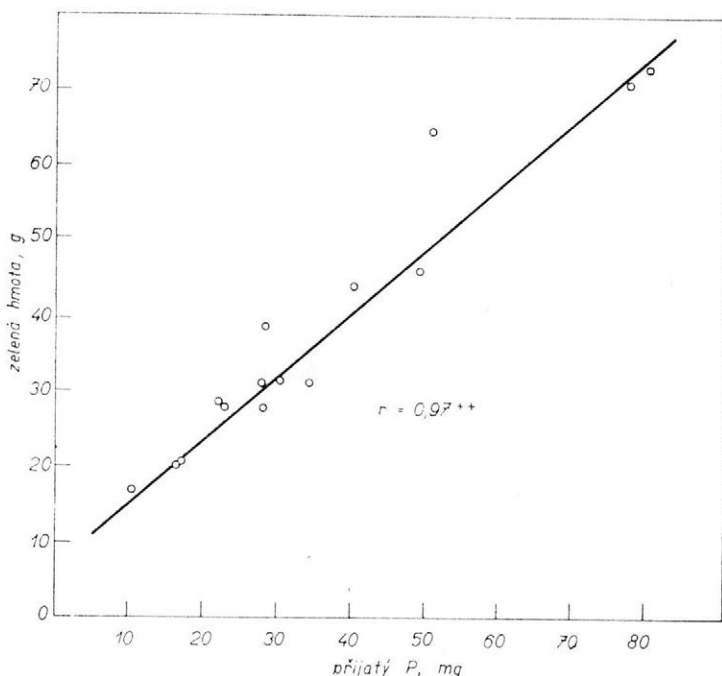
Na hnědé půdě (graf na obr. č. 2 a tabulka IV) vyprodukovala vojtěška ve všech sečích více sušiny a přijala také více fosforu než na černozemi. Živné prostředí, zvláště pokud jde o skutečně přijatelný fosfor, muselo být tedy na hnědé půdě pro rostliny příznivější.

Na hnědé půdě (graf na obr. č. 2 a tabulka IV) vyprodukovala vojtěška ve všech sečích více sušiny a přijala také více fosforu než na černozemi. Živné prostředí, zvláště pokud jde o skutečně přijatelný fosfor, muselo být tedy na hnědé půdě pro rostliny příznivější.

5. Závislost váhy zelené hmoty vojtěšky (g) a přijatého fosforu (mg) v pěti sečích na zeleno — černozem smytá. — Dependence of the weight of the green matter of lucerne (g) on the amount of up-taken phosphorus (mg) in five cuts of lucerne for green matter — washed-off chernozem

Opět zde vzniká určitý paradox, neboť tato půda měla podle Egnérovovy metody nižší přirozenou zásobu „přístupného“ fosforu než zemina z černozemě smyté.

Forma fosforečných sloučenin, aplikovaných do orniční zeminy B, působila na tvorbu sušiny a příjem fosforu v průměru všech sečí v podstatě stejně. V prvním vegetačním období (1. až 4. seč) se však projevuje určitě lepší působení vodorozpustné formy fosforu (MCP), zatímco v druhém roce (5. a 6. seči)

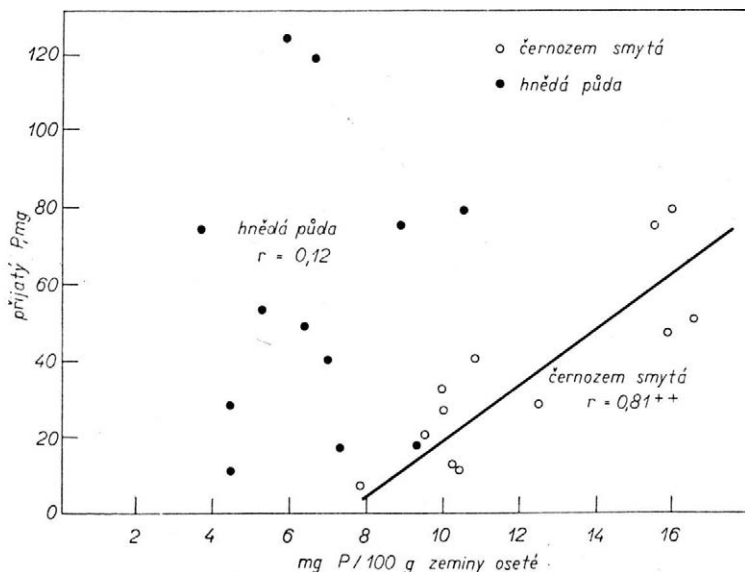


6. Závislost váhy zelené hmoty vojtěšky (g) přijatého fosforu (mg) v pěti sečích na zeleno — hnědá půda. — Dependence of the weight of the green matter of lucerne (g) on the amount of up-taken phosphorus (mg) in five cuts of lucerne for green matter — brown soil

účinkoval lépe DCP. V šesté seči na semeno jsou sice rozdíly sušiny nadzemních částí rostlin, způsobené fosforečným hnojením, neprůkazné, avšak příjem fosforu byl u stonků, semen i kořenů průkazně zvýšen. Zvláště u kořenů je v tomto druhém roce zaznamenán výrazný vliv DCP na tvorbu jejich sušiny a sorpci fosforu (tabulka VII).

Názorný důkaz o závislosti tvorby zelené hmoty na přijatém fosforu ukazují grafy 5 a 6. Jednoznačně se potvrdilo, že je přímá závislost mezi váhou zelené hmoty vojtěšky pěstované na orniční zemině z černozemě i z hnědé půdy a přijatým fosforem v nadzemních částech vojtěšky. Těsnost tohoto vztahu vystihuje nejlépe korelační koeficient, který je v obou případech vysoce spolehlivý. Existuje-li tedy závislost, že s množstvím přijímaného fosforu rostlinou zvyšuje se produkce rostlinné hmoty, musí být pak zájmem pěstitelů, aby vojtěška přijímala z půdy co nejvíce této živiny. V důsledku toho musí být snahou, aby přijatelného fosforu bylo v půdě co nejvíce a abychom se také o jeho obsahu

v půdě dovedli přesvědčit. Předpokládá to ovšem použití vhodných chemických metod, které dávají výsledky korelující se skutečně přijímaným fosforem různými plodinami, pěstovanými na různých typech a druzích půd. Srovnajme nyní, jak koreluje fosfor přijatý vojtěškou v 1., 4., 5. a 6. seči s „přístupným“ fosforem stanoveným Egnérovou metodou, u nás běžně užívanou, ve vzorcích pokusných zemín, odebraných ve čtyřech odběrech (I.—IV.) během obou vegetačních období — graf na obr. č. 7. Zatímco na orniční zemině z černozemě smyté se projevila určitá závislost zmíněných ukazatelů a korelační koeficient svědčí o velmi dobré těsnosti jejich vztahu, na orniční zemině hnědé půdy neexistuje vůbec žádná závislost mezi fosforem přijatým vojtěškou a fosforem tzv. „přijatelným“.



7. Závislost přijatého fosforu v nadzemních částech vojtěšky na obsahu přístupného P podle Egnéra v půdě oseté. — Dependence of up-taken phosphorus in the overground parts of lucerne plants on the content of available P (according to Egnér) in soil under crop

Na základě výsledků získaných v tomto pokusu lze obecně konstatovat, že Egnérová metoda dává u vápenitých (alkalických) půd následující výsledky: 1. část fosforu, vyloučeného laktátem vápenatým z půd tohoto typu je skutečně přijatelná, protože jednak hodnoty této „zásobenosti“ fosforem korelují s přijatým fosforem rostlinami, jednak se hladina tohoto „přístupného“ fosforu v půdě během vegetačního období snižuje působením rostlin ve srovnání s půdou neosetou (grafy na obr. č. 3, 3a); 2. Egnérová metoda dává ale na těchto půdách vyšší hodnoty „zásobenosti“ fosforem než jsou skutečně přijatelné a jelikož výnosy plodin těmito vysokým hodnotám „přístupného“ fosforu neodpovídají, nekorelují potom výsledky této metody s výnosy při srovnávání s hodnotami u jiných typů půd.

Hodnocení výsledků, které dává Egnérová metoda u bezvápených (kyselých) půd, je následující: formy a množství fosforu, které laktát vápenatý

z těchto půd vyluhuje, jsou rostlinám většinou nepřístupné, protože nekoreluje s množstvím přijatého fosforu rostlinami a rostliny na těchto půdách přijímají fosfor převážně z jiných forem.

Z tohoto je možné dedukovat, že je velmi pochybné používání této metody jako univerzální pro všechny typy našich půd.

Literatura

- BROWN B. A., 1961, Fertilizer experiments with Alfalfa 1915—1960. Bull. 363, of Connecticut, College of Agric. Exp. Sto.
- JURČÍK F., 1967, Vliv zvyšovaných dávek fosforu na tvorbu hmoty a některé ukazatele kvalitativního složení vojtěšky seté v prvním roce ontogeneze. Sbor. VŠZ v Brně (řada A) XV : 207—214.
- , 1968, Vliv různých forem fosforečných a draselných hnojiv na tvorbu sušiny a některé ukazatele kvalitativního složení vojtěšky seté v prvním roce ontogeneze. Sbor. VŠZ v Brně (řada A) XVI : 99—107.
- , a kol., 1969, Stanovení optimální kombinace hnojení z hlediska některých výnosových a morfofysiologických ukazatelů u vojtěšky seté při různé hladině a poměru živin. Sbor. VŠZ v Brně (řada A) XVII : 557—569.
- NOVOZÁMSKÝ I., PIRKL J., 1968, Formy vazeb fosforu v půdě a možnosti jejich využití rostlinami. Dílčí závěrečná zpráva ÚVÚRV Praha — Ruzyně.
- PIRKL J. a kol., 1965, Aluminiumfosfát jako zdroj fosforu pro rostliny. Rostl. výroba 9 : 937—944.
- PIRKL J., NOVOZÁMSKÝ I., 1966, Průběh reakce některých fosforečných hnojiv s půdou během čtyř let osevního postupu. Agrochémia 6 : 309—311.
- , 1967, Reakce fosforečných hnojiv s půdou. Rostl. výroba 13, 3 : 225—240.
- Návrh koncepce agrochemického zkoušení půd po roce 1970. ÚKZÚZ Praha.

Došlo dne 7. 1. 1970

HAMAN F. *Studium změn půdních fosfátů po aplikaci fosforečnanů vápenatých ve vztahu k rostlině. I. Výnosové výsledky a jejich závislost na „přístupném“ fosforu v půdě.* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 537-550, 1970.

Nádobový pokus s vojtěškou setou byl založen za účelem studia dynamiky přeměn půdních fosfátů v orničních zemínách dvou typů půd — černozemí smyté a hnědé půdě — po aplikaci různě rozpustných fosforečnanů vápenatých. Současně byl sledován příjem fosforu rostlinami z různých aplikovaných fosforečných solí (monokalciumpfosfátu a dikalciumpfosfátu) na tvorbu nadzemní hmoty, kořenů a množství přijatého fosforu rostlinami. Dále je sledována závislost těchto ukazatelů na tzv. „přístupném“ P stanoveném metodou podle Egnéra. Byla prokázána přímá závislost tvorby nadzemní hmoty na množství přijatého fosforu. Korelace přijatého P v nadzemních částech vojtěšky s „přístupným“ P podle Egnéra se projevila jen u alkalické půdy černozemního typu. Egnérová metoda se neukazuje jako vhodná univerzální metoda pro všechny typy půd v ČSSR.

fosforečnany vápenaté; půdní fosfáty; vojtěška

ГАМАН Ф. (Сельскохозяйственный институт, Брно). Изучение изменений почвенных фосфатов после внесения фосфорнокислого кальция по отношению к растению. 1. Урожай и их зависимость от „доступного“ фосфора в почве. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 537-550, 1970.

Опыт с люцерной в вегетационном сосуде производился с целью изучения динамики изменений почвенных фосфатов в пахотном профиле двух типов почв — смытый чернозем и бурая почва, после внесения фосфорнокислого кальция с различной растворимостью. Одновременно изучался прием фосфора растениями из разных форм почвенных фосфатов. В настоящем первом сообщении автор рассматривает влияние внесенных фосфорнокислых солей (монокальциумфосфата и дикальциумфосфата) на образование надземной массы корней и количество фосфора, принятого растениями. Далее исследовалась зависимость этих по-

казателей от так наз. «доступного» Р, определенного по методу Эгнера. Доказана прямая зависимость между образованием надземной массы и количеством вынесенного фосфора. Корреляция принятого фосфора в надземных частях люцерны с «доступным» Р по Эгнеру проявилась только в щелочных почвах черноземного типа. Метод Эгнера не представляется универсальным методом, годным для всех типов почв в ЧССР.

фосфорнокислый кальций; почвенные фосфаты; люцерна

Adresa autora:

Ing. František H a m a n, Vysoká škola zemědělská, katedra agrochemie a výživy rostlin, Brno, Zemědělská 1

VLIV STUPŇOVANÝCH DÁVEK FOSFORU V KOMBINACI S DUSÍKEM NA RŮST A VÝVOJ PODZEMNÍCH ORGÁNŮ HRACHU SETÉHO (*PISUM SATIVUM* L.)

J. SVOBODA, K. ŘÍMOVSKÝ, R. RICHTER

SVOBODA J., ŘÍMOVSKÝ K., RICHTER R. (Agricultural College, Brno). *The Influence of Gradated Doses of Phosphorus in Combination with Nitrogen on the Growth and Development of the Underground Organs of Peas (*Pisum sativum* L.)*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 551-558, 1970.

In sand cultures the authors investigated the influence of gradated doses of phosphorus with a basic dose of K and N on the growth and development of the underground organs of pea in the course of vegetation. Investigated was the absorptive and the total surface of roots as well as the dry substance of the different parts of the pea plant. On the basis of the results obtained in the course of two years it was possible to prove the influence of nitrogen on the morphological shaping of the roots, which were thicker, on the whole shorter, with a smaller surface. In the further course of vegetation an addition of phosphorus resulted in a decreasing of the absorptive root surface. Furthermore, a positive influence of gradated doses of phosphorus applied with nitrogen on the forming of the dry substance of tubers, roots, and of the aboveground parts of pea plants was proved.

pea; P and N fertilization; root system

Na kořenech bobovitých rostlin vznikají v příhodných podmínkách hlízky obsahující rhizobia, která jsou schopna asimilovat vzdušný dusík a krýt zhruba 80 % rostlinné potřeby dusíku z těchto zdrojů. Další dusík se uvolňuje při rozkladu hlízek a je využíván následnými plodinami. Studium podmínek, při nichž dochází k co největší tvorbě hlízek s vysokou schopností poutat vzdušný dusík, byla věnována značná pozornost. Mimo celé řady faktorů, jako vliv humusu, vlhkosti, světla a teploty, může být pro tvorbu hlízek rozhodující i způsob hnojení.

Podle závěru V a t a g i n a a N e n a j d ě n k a (1965) fosforečná a draselná hnojiva podporují růst hlízek a jejich počet. Naproti tomu hnojení dusíkem oslabuje tvorbu hlízek, což je též v souladu s poznatky K á š e (1953). B j ä l l f e (1960) uvádí, že draselná hnojiva neměla vliv na tvorbu hlízek ani na růst hrachu, naproti tomu M o s k a l e v (1963) v pokusech s bobem zjistil mimo jiné i kladný vliv draselného hnojení na tvorbu hlízek. G a j d u k e v i č (1965) uvádí, že vlivem fosforečných a draselných hnojiv vzrůstá i fixace dusíku rhizobii a zvyšuje se schopnost luskovin využívat jiných minerálních látek z půdního roztoku. F e d o t o v (1960) dokazuje závislost výnosu hrachu na množství hlízek na kořenech rostliny.

Růst a vývoj rostlin ovlivňují nejen hlízky, ale i vlastní kořenový systém rostlin. Souvislost mezi časně založeným mohutným kořenovým systémem a výnosem plodin dokazuje W e a v e r (K m o c h cit. 1957) a řada dalších autorů. Podle našich poznatků nezávisí výnos rostlin jen na celkové hmotě kořenů (R i c h t e r, Ř í m o v s k ý 1970), ale i na jeho morfologickém utváření (Ř í m o v s k ý, C h a l o u p e k 1965), zejména na velikosti sorpčně aktivního povrchu.

Cílem založených pokusů bylo ověřit působení základních živin na tvorbu hlízek a utváření celkového a sorpčně aktivního povrchu ve vztahu k tvorbě sušiny rostliny.

METODIKA POKUSU

V r. 1966 a 1967 byly založeny nádobové pokusy s hrachem setým (*Pisum sativum* L.) odrůdy 'Raman', v nichž bylo jako původního substrátu použito křemičitého písku zn. T2N (ČSN 72-15-25) o zrnitosti 0,1—0,6 mm. Do každé Mitscherlichovy nádoby bylo naváženo 7 kg suchého písku. Osivo bylo před výnosem kalibrováno na váhu 0,25—0,30 g a očkováno suspenzí obsahující rhizobia.

V pokusu byly voleny kombinace se základními dávkami živin, jak je uvedeno v tabulce I.

I. Základní dávky živin. — Basic doses of nutrients

Číslo kombinace	Kombinace forma hnojiv	Dávky čistých živin v g na nádobu			
		N Ca(NO ₃) ₂	P ₂ O ₅ KH ₂ PO ₄	K ₂ O K ₂ SO ₂	Mg MgSO ₄ ·7 H ₂ O
1.	O	—	—	—	—
2.	K	—	—	1,8	0,09
3.	NK	0,5	—	1,8	0,09
8.	NKP ₁	0,5	0,5	1,8	0,09
9.	NKP ₂	0,5	1,0	1,8	0,09
10.	NKP ₃	0,5	1,5	1,8	0,09
11.	NKP ₄	0,5	2,0	1,8	0,09

Poznámka: V r. 1965 nebyla volena kombinace NK.

Rozdíl v dávce K₂O při stupňovaných dávkách P₂O₅ byl upraven na jednotnou výši dodáním K₂SO₄. CaO v dávce 1 g na nádobu byl vyvážen ve formě CaCO₃ a aplikován v pevném stavu, promísen pískem před založením pokusu. Základní živiny byly dodány formou živného roztoku, mikroelementy ve formě Helliegerova roztoku.

Výsev byl proveden v pravidelné vzdálenosti po obvodu nádoby v počtu 11 semen do hloubky 4 cm. Po vzejití byly rostliny vyjednoceny na stejný počet — 8 rostlin na nádobu. Vlhkost písku byla po dobu vegetace udržována na 60 % vodní kapacity pravidelným zaléváním studniční vodou.

Již 15. den od vzejití byly pozorovány první morfologické rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi.

U kontrolních kombinací O, K a NK byl pozorován na listech výskyt drobných hnědých skvrn. Rostliny byly světlejší barvy. Kombinace se základní dávkou N byly ve vzrůstu mohutnější, tmavší barvy, dříve vytvářely plný a hustý zápoj.

Vlivem nedostatečné výživy byly pozorovány nápadné rozdíly u kontrolních kombinací (IV. — V. fáze růstu). V dalším průběhu vegetace rostliny hrachu u těchto kombinací byly ve vzrůstu značně opožděny, k diferenciaci postranních větví nedošlo. Na listech a později i na hlavní ose byly pozorovány hnědé nekrotické skvrny. Spodní listy postupně žloutly a zasychaly. V průběhu vegetace se vrchní články osy postupně zkracovaly, takže rostliny svým charakterem růstu připomínaly fasciované hrachy. Tyto kombinace oproti kombinacím s P spíše kvetly, lusky byly jednosemenné. Semena byla drobná, nevyrovnaná. V průběhu tvorby lusků byly také na jejich povrchu pozorovány hnědé, nekrotické skvrny. Rostliny dříve ukončily vegetaci.

Vlivem dusíku byl průběh kvetení pozvolný. Taktéž i průběh zrání lusků byl prodloužen a lusky byly v různém stupni zralosti.

POZOROVÁNÍ NA KOŘENECH HRACHU

Ve IV. fázi růstu, u kontrolní kombinace K byla zaznamenána velmi slabá a opožděná infekce rhizobií kořene. Technicky nebylo možno oddělit hlízky od kořenů a měřit je. Pouhým okem bylo pozorováno, že pokožkové vrstvy kořenů jsou narušeny. Podstatně více byly poškozeny kořeny I. řádu než kořen hlavní, a to i ve své prodlužovací zóně.

U kombinace O a NK byla již zaznamenána tvorba hlízek hlavně na postranních větvích. Také se zde ve větší míře projevoval začátek diferenciacie kořenového systému na větve II. řádu. Počet hlízek na jednu rostlinu byl větší u NK kombinací než u kombinace O.

V době VII. fáze růstu proběhla infekce kořání hrachu u všech kombinací. Virulentnost rhizobií byla v tomto odběru absolutně největší u NK kombinace.

Vlivem přítomnosti N u kombinací NKP docházelo k větší tvorbě postranních kořenů. Starší kořeny těchto kombinací byly na povrchu drsnější, robustnější a silnější. Celkový povrch kořenů byl stanoven hygroskopickou metodou podle Ř í m o v s k é h o (1966), sorpčně aktivní povrch se stanovil podle metody K o l o s o v a za použití metylenové modři.

Odběry:

- I. odběr — 27 dní od vzcházení porostu (konec hladového období).
- II. odběr — 35 dní od vzcházení porostu (fáze rychlého růstu).
- III. odběr — 47 dní od vzcházení porostu (začátek kvetení).

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POKUSŮ

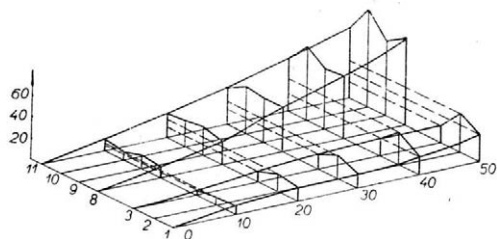
Tvorba hlízek všech sledovaných kombinací hnojení postupně vzrůstala až do počátku kvetení, tj. do doby 50 dní od vzejití hrachu. V dalším období nebylo možné hlízky sledovat, neboť nastal jejich postupný rozklad.

Při porovnání počtu vytvořených hlízek kombinací O a K s kombinací NK je zřejmé, že došlo od počátku tvorby hlízek k zápornému působení dusíku. U kombinace NK dosahuje počet hlízek ve všech odběrech menších hodnot než u kombinace K, u některých odběrů dokonce méně než u nulové kontroly. Naproti tomu vliv draslíku na zvýšení počtu hlízek se projevil už 20. den po vzejití hrachu; během dalších sledování jeho působnost na zakládání dalších hlízek na kořenech hrachu postupně roste. Při hodnocení kombinací NKP₁₋₄ od prvního odběru je zřetelný kladný vliv P₂O₅ na zakládání hlízek. Zatímco při prvním a druhém odběru (10.—20. den po vzejití hrachu) vyvolala nejvyšší tvorbu hlízek dávka fosforu P₂, ve třetím, čtvrtém a pátém odběru (období od 30 do 50 dní po vzejití hrachu) dosáhla tvorba hlízek nejvyšších hodnot u kombinace s dávkou fosforu P₃. Absolutně největší počet hlízek u sledovaných kombinací byl dosažen u kombinace NKP₃ v posledním období v době květu hrachu setého. Nejmenší počet hlízek ze skupiny kombinací NKP od 20. dne sledování vykazovala kombinace NKP₄. Dávka fosforu u této kombinace se na počtu hlízek projevila depresivním účinkem v porovnání s ostatními dávkami P₂O₅.

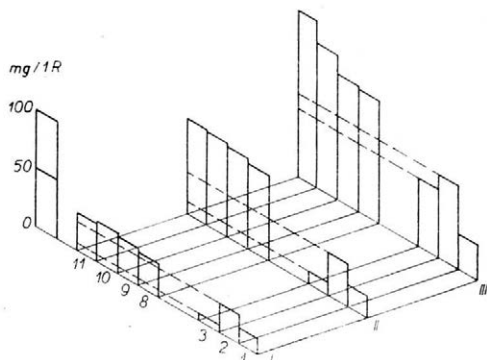
Srovnáme-li počet hlízek (graf 1) s dynamikou narůstání jejich sušiny (graf 2), vidíme, že obě sledované hodnoty jsou u kombinací O, K a NK přímo úměrné. Tento stav je patrný po celou sledovanou dobu. Srovnání tvorby

sušiny hlízek u kombinací K a NK ukazuje opět na silný depresivní účinek N, který tvorbu hlízek a jejich růst značně časově opoždí.

U skupiny kombinací NKP₁₋₄ ve srovnání s kombinací NK dochází od počátku růstu hrachu k značnému zvětšování hmoty hlízek v přímé závislosti na množství dodaného fosforu. Fosfor zcela brzdí vliv N na tvorbu hlízek překrývá a vlastní tvorbu sušiny hlízek v době prvního a druhého odběru několikanásobně zvyšuje. I v posledním odběru přesahuje hmota hlízek vyjádřená jejich sušinou u kombinací NKP₁₋₄ hmotu hlízek kombinace NK zhruba o 100 %.



1. Průběh narůstání počtu hlízek na kořenech 1 rostliny hrachu (průměr let 1966 a 1967). — The course of the increasing of the number of nodules on the roots of 1 pea plant (average of the years 1966 and 1967)



2. Tvorba sušiny hlízek (průměr let 1966 a 1967). — The forming of the dry substances of nodules (average of the years 1966 and 1967)

Při srovnání počtu hlízek s tvorbou její sušiny u kombinace NKP₄ dochází k zajímavé skutečnosti. Zatímco v počtu hlízek na kořenech hrachu vykazovala tato kombinace nejnižší hodnoty ze skupiny kombinací NKP, umístila se tvorbou sušiny na prvním místě. Ukazuje to, že u této kombinace při nejmenším

II. Průběh narůstání sušiny hrachu v g/l rostlina (průměr let 1966 a 1967). — The course of the growth of the dry substance of pea plants in grams per 1 plant (average of the years 1966 and 1967)

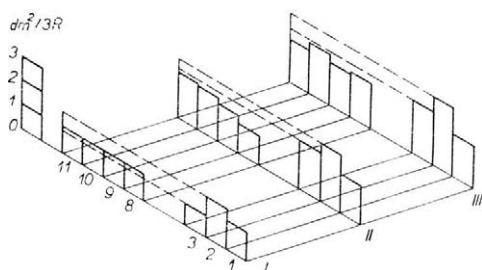
Kombinace hnojení	Kořen			Nadzemní část			Celá rostlina		
	Odběr								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
O	0,2513	0,2642	0,2763	0,2581	0,3195	0,4715	0,5094	0,5394	0,7476
K	0,2662	0,3066	0,3489	0,2772	0,3591	0,4565	0,5434	0,6657	0,8054
NK	0,3892	0,4777	0,5322	0,3625	0,5732	0,6261	0,7518	1,0509	1,1584
NKP ₁	0,3959	0,7059	0,7074	0,8523	1,1903	2,1010	1,2482	1,8962	2,8084
NKP ₂	0,4501	0,7479	0,7629	1,0696	1,6246	2,3807	1,5198	2,3736	3,1137
NKP ₃	0,4680	0,7790	0,8185	1,1423	1,8111	2,5418	1,6103	2,5901	3,3604
NKP ₄	0,4944	0,7717	0,8280	0,9031	1,2802	2,2140	1,3976	2,0519	3,0420

počtu dosahovaly hlízky největší velikosti. Tento jev lze pozorovat už od doby druhého odběru a výrazně v době třetího odběru.

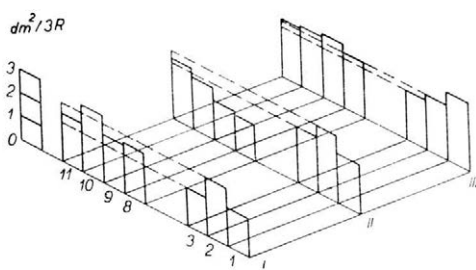
Na tvorbu sušiny kořenů hrachu setého (tabulka II) se výrazně projevil vliv N i P. Přírůstek sušiny kořenů při aplikaci P spolu s N u skupiny kombinací NKP je značný a vzrůstá až do doby posledního odběru. Sušina kořenů roste i se stupňovanými dávkami fosforu. Nejvyšší dávky fosforu vykazují i nejvyšší sušinu kořenů.

V pokusu byly sledovány i hodnoty celkového a sorpčně aktivního povrchu kořenů hrachu setého. Hodnotíme-li pro výživu důležitější sorpčně aktivní povrch (graf č. 3), je zřejmé, že při prvním odběru vzhledem ke kombinaci O se projevil kladný účinek K a naopak negativní účinek N na sorpčně aktivní povrch. Působením N se jeho plocha snížila pod úroveň kombinace O. Vlivem N u kombinací NKP dochází ke zmenšení povrchu kořenů, i když vlivem přítomného P je záporný účinek N částečně překryt. To dokazují hodnoty povrchu kořenů u této skupiny kombinací, které jsou vyšší než u kombinace NK. Stupňované dávky P_2O_5 se na zvětšení sorpčně aktivního povrchu při prvním odběru neprojevily, při druhém byl způsob ovlivnění povrchu rozdílný od prvního odběru. V posledních dvou odběrech se zvyšovaly hodnoty sorpčně aktivního povrchu nad hodnotu nulové kombinace. Velikost sorpčně aktivního povrchu kombinací NKP₁₋₄ je nižší než u kombinace NK. Růst sorpčně aktivního povrchu trvá u všech sledovaných kombinací až do doby třetího odběru.

Celkový povrch vykazuje v prvních dvou odběrech přibližně stejné závislosti u jednotlivých kombinací jako povrch sorpčně aktivní (graf č. 4). Ve třetím odběru jsou hodnoty celkového povrchu u kombinací NKP₁₋₄ vyšší než u kombinace NK.



3. Sorpčně aktivní povrch kořenů hrachu (průměr let 1966 a 1967). — The absorptive surface of pea roots (average of the years 1966 and 1967)



4. Celkový povrch kořenů hrachu (průměr let 1966 a 1967). — Total surface of pea roots (average of the years 1966 and 1967)

Porovnáme-li celkovou produkci sušiny hrachu u jednotlivých kombinací (tabulka II), zůstává ve všech třech odběrech kombinace O a K na stejné úrovni. Zvýšené produkce sušiny bylo dosaženo u kombinace NK (kontrolní) přidávkou N. K nejvyšší produkci sušiny celé rostliny dochází u skupiny kombinací NKP₁₋₄. Kladný vliv fosforu na tvorbu sušiny se zachoval po celé sledované období. Také se stupňovanými dávkami až na úroveň dávky P_3 rostla produkce sušiny. U kombinace NKP₄ je tvorba sušiny přibližně na stejné úrovni jako kombinace NKP₂.

Při hodnocení získaných výsledků a statisticky propočtených křivek lze učinit závěr o kladném působení K a zejména P na počet a tvorbu sušiny hlízek na kořenech hrachu setého. Tato skutečnost je v souladu se zjištěním K á š e (1953) a B j ä l l f e (1960). Další zvýšení počtu hlízek i jejich sušiny bylo dosaženo stupňováním dávek P_2O_5 . Naproti tomu samotný dusík snižoval počet hlízek i jejich sušinu, což dokazuje i V a t a g i n a N a n a j d ě n k o (1965). Potvrzuje to výjimečný význam fosforu pro dusíkový metabolismus bobovitých rostlin, kde fosfor je jedním z limitujících faktorů jejich úspěšné symbiozy s hlízkovými bakteriemi. Ze získaných poznatků lze odvodit i praktické závěry pro výživu těchto rostlin základními živinami.

Dusík v kombinaci s fosforem u skupiny kombinací NKP zaznamenal nejen největší počet hlízek, ale i nejvyšší tvorbu sušiny. Na základě dřívějších poznatků (S v o b o d a, Ř í m o v s k ý, R i c h t e r — v t i s k u) lze říci, že přítomnost N s fosforem u kombinací NKP časově posunuje tvorbu hlízek na kořenech hrachu do pozdějšího období ve srovnání s výživou pouze fosforem a draslíkem bez přítomnosti N. Absolutně nejvyšší sušiny hlízek bylo dosaženo u kombinací NKP_4 i při jejich malém počtu. To ukazuje na značnou velikost hlízek této kombinace.

Přídavek dusíku u skupiny kombinací NKP_{1-4} vyvolal tvorbu váhově mohutnějšího kořenového systému hrachu, což bylo patrné i při vizuálním posouzení. Toto působení N je v souladu s poznatků řady zahraničních výzkumníků, ale i s našimi poznatků (R i c h t e r, Ř í m o v s k ý, S v o b o d a 1970, S v o b o d a, Ř í m o v s k ý, R i c h t e r — v t i s k u). S přidáváním dusíku se podle těchto zjištění celková délka kořenů snižuje, roste však jejich průměr a celková hmota. Porovnáme-li údaje o povrchu kořenů s údaji o jejich sušině, je zřejmé, že největší povrch kořenů nevykazují jednoznačně kombinace NKP s jejich největší hmotou. Kombinace s největší hmotou nemají největší povrch kořenů, což svědčí o jejich odlišné morfologické stavbě. Zejména při srovnání kombinací K a NK je zřejmé, že kombinace NK vytváří působením dusíku kratší, silnější kořenový systém při značně vysoké sušině, ale malém povrchu. Porovnáním s velikostí povrchu kombinací NKP jsou jeho hodnoty mimo druhý odběr nižší než kombinace NKP. To dokazuje, že při plném hnojení vytváří hrách silný kořenový systém s velkým celkovým povrchem kořenů, zejména při vyšších dávkách P.

Hodnotíme-li tvorbu sušiny ve vztahu k celkovému povrchu kořenů, dosahuje nejvyšší produkce kombinace NKP_3 , která v průběhu vegetace vykazovala nejvyšší hodnoty povrchu. Nižší tvorbu sušiny při poměrně značném povrchu u kombinace NKP_4 lze vysvětlit vzájemným dynamickým poměrem růstu podzemních a nadzemních orgánů rostlin, který je ovlivňován optimální koncentrací a poměrem základních živin.

Hodnoty sorpčně aktivního povrchu u skupiny kombinací NKP_{1-4} dokazují, že rostlina nemusí při plné výživě budovat jemný a mohutně rozvětvený kořenový systém s velkým sorpčně aktivním povrchem. Tato tendence se projevuje u těch kombinací, kde chybí některé ze základních živin.

Vezmeme-li v úvahu, že přibližně 80 % potřeby N přijímají bobovité rostliny ze vzduchu prostřednictvím symbiozy s hlízkovými bakteriemi (Č v a n ě a r a 1962) a že kořeny rostlin jsou orgánem zajišťujícím nejen příjem živin, ale i syntézu řady důležitých aminosloučenin (P a t e 1967), vyvstává důležitost možnosti ovlivnění dusíkového metabolismu u bobovitých rostlin. Zintenzívnění

příjmu vzdušného N větším počtem založených hlízek a zvětšením jejich velikosti má význam nejen pro výživu vlastní rostliny, ale i pro následné obohacení půdy dusíkem po jeho uvolnění z biologické sorpce. Rozhodující postavení pro úspěšnou symbiózu bobovitých s rhizobii má přítomnost dostatečného množství fosforu.

ZAVER

V letech 1966 a 1967 byly na Vysoké škole zemědělské v Brně založeny ve vegetačních nádobách pokusy pro sledování vlivu základních živin NPK na podzemní orgány hrachu setého. Výsledky pokusu znovu potvrzují záporný vliv N a kladný vliv K a zejména P a jeho stupňovaných dávek na počet založených hlízek na kořenech hrachu a na tvorbu jejich sušiny.

Při hodnocení sušiny kořenů a sušiny nadzemní části existuje mezi těmito hodnotami přímý vztah. Se vzrůstající sušinou kořene roste i sušina nadzemní části. Projevil se kladný vliv dusíku, fosforu i jeho stupňovaných dávek na tvorbu sušiny podzemních i nadzemních orgánů mimo kombinaci NKP₄, kde při nejvyšší dávce fosforu došlo ke snížení sušiny nadzemních částí rostlin přibližně na úroveň kombinace NKP₂.

Při aplikaci jednotlivých kombinací hnojení projevil se vliv základních živin i na morfologické utváření kořenů. S přidavkem N se vytvářejí kořeny silnější, celkově kratší, s menším povrchem (při vzrůstající sušině klesá jejich povrch). Přidavkem fosforu u fyziologicky důležitého sorpčně aktivního povrchu došlo mimo prvního odběru k dalšímu snížení jeho plochy. Toto snížení může být odstraněno stupňováním dávek P₂O₅. Kombinace NKP₃ s největším sorpčně aktivním i celkovým povrchem kořenů v průběhu vegetace dosáhla též největší produkce sušiny.

Literatura

- ČVANČARA F., 1963, Zemědělská výroba v číslech. Praha: 101—102.
FEDOTOV V. S., 1960, Goroch GISL, Moskva.
KÁŠ V., HAMPL B., 1953, Zemědělská mikrobiologie—učební texty vysokých škol. SPN, Praha: 118—124.
GAJDUKEVIČ L. I., 1965, Pitanije bobovych. Moskva, Izdatelstvo Znaniye.
KMOCH H. G., 1957, Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. 104: 275.
PATE J. S., 1967, Recent aspects of Nitrogen Metab. in Plants. Academic press, London-New York.
RICHTER R., ŘÍMOVSKÝ K., 1970, Vliv různých forem dusíku na růst a vývoj jarní pšenice. Sborník VŠZ v Brně, řada A, XVIII, 1, 1970.
ŘÍMOVSKÝ K., CHLOUPEK O., 1966, Größe der aktiven Sorptionsoberfläche der Wurzeln bei einigen Sorten des Sommerweizens. Sborník Vysoké školy zemědělské v Brně, řada D, 48, 2: 113—119.
SVOBODA J., ŘÍMOVSKÝ K., RICHTER R., v tisku, Vliv stupňovaných dávek fosforu na tvorbu kořenových hlízek hrachu setého (*Pisum sativum* L.). Sborník VŠZ v Brně.
—, 1969, Vliv stupňovaných dávek fosforu na morfologické vlastnosti kořenů hrachu setého. Sborník VŠZ v Brně, řada A, XVII, 4: 683—690.
VATAGIN A. V., NANAJDĚNKO G. N., 1965, Vlijanije udobrenij na dinamiku pitatělnych veščestv v počve, postuplenije ich v rastěnije i urožaj gorocha. Agrochimija, 5.

Došlo dne 7. 1. 1970

SVOBODA J., ŘÍMOVSKÝ K., RICHTER R. *Vliv stupňovaných dávek fosforu v kombinaci s dusíkem na růst a vývoj podzemních orgánů hrachu setého (Pisum sativum L.)*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 551-558, 1970.

V pískových kulturách sledovali vliv stupňovaných dávek fosforu se základní dávkou K a N na růst a vývoj podzemních orgánů hrachu v průběhu vegetace. Byl sledován sorpčně aktivní a celkový povrch kořenů, jakož i sušina jednotlivých částí hrachu. Na základě výsledků dvou let byl prokázán vliv dusíku na morfologické utváření kořenů, které byly silnější, celkově kratší, s menším povrchem. Přídavkem fosforu došlo v dalším průběhu vegetace ke snížení sorpčně aktivního povrchu kořene. Dále byl prokázán kladný vliv stupňovaných dávek fosforu aplikací s dusíkem na tvorbu sušiny hlízek, kořene a nadzemních částí hrachu.

hrách; hnojení P s N; kořenový systém

СВОБОДА Й., РЖИМОВСКИЙ К. РИХТЕР Р. (Сельскохозяйственный институт, Брно). *Влияние дифференцированных доз фосфора в сочетании с азотом на рост и развитие подземных органов посевного гороха (Pisum sativum L.)* Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 551-558, 1970.

В песчаных культурах изучалось влияние дифференцированных доз фосфора в сочетании с основными дозами K и N на рост и развитие подземных органов гороха в период вегетации. При этом изучалось сорбционно активная и общая поверхность корневой системы, а также сухое вещество отдельных частей гороха. На основе результатов двухлетних опытов было доказано влияние азота на морфологическое образование корней; корни были более сильными, в общем короче и с меньшей поверхностью. В результате добавления фосфора позже понизилась сорбционно активная поверхность корней. Далее было доказано положительное влияние дифференцированных доз фосфора вместе с азотом на образование сухого вещества клубеньков, корня и надземной части гороха.

горох; удобрение P и N; корневая система

Adresa autorů:

Ing. Jan Svoboda, ing. Karel Římovský, CSc., ing. Rostislav Richter, Vysoká škola zemědělská, Brno, Zemědělská 1

VEGETAČNĚ NEVYUŽITÝ FOSFOR JAKO DALŠÍ ZDROJ ZNEHODNOCOVÁNÍ POVRCHOVÝCH VOD V ČSSR

J. GABRIEL

GABRIEL J. (Institute of Hygiene of the Ministry of Health, Prague). *Phosphorus, not Utilized by Vegetation, as an Another Source of the Deterioration of Surface Waters in Czechoslovakia*. Rostlinná výroba (Praha) 15 (5) : 559-566, 1970.

Surface waters are becoming the only possible and available large-capacity sources for whole society purposes. Model research (1942-1969) of the river Želivka has shown, that after the transition from small-scale to large-scale agricultural production (i. e. ca. from the year 1949), the suitability of surface water from this river for drinking-water supply purposes gets ever worse. The increased microerosion (wash-offs and eluates of agricultural land) is objectively demonstrated by means of the corresponding analyses of surface waters. The problem is therefore connected not only with losses for agriculture (nutrients, irretrievable fine soil), but also with the large-scale cultivation of soil as a third denaturalizing factor of environment, in addition to human-dwelling and industrial effluent waters. Biogenous phosphorus plays an extraordinarily important role in this deteriorating process. Already 20 micrograms of P_2O_5 — phosphorus/l are enough to form a limit for the allowable excessive development of phytoplankton in the vegetation period; the phytoplankton may develop to such a degree that the result may require a costly water-working to be put off service for a limited period of time („water-blooms“)

surface waters in Czechoslovakia; denaturation of surface waters caused by agricultural production; phosphorus and „water blooms“

Zvyšované nároky na vodu pro celospolečenské účely je možno v ČSSR řešit jedině využíváním vod povrchových. Dlouhodobý výzkum (od r. 1942) modelové řeky Želivky prokázal, že asi od r. 1949, po nezbytném přechodu na ekonomicky výhodnější velkoplošnou výrobu zemědělskou dochází v některých indikátorech k poklesu její jakosti z I. třídy čistoty (voda „velmi čistá“) až na třídu poslední (IV., voda „velmi silně znečištěná“).

Model „Želivka“ byl srovnán s povodími dalších 175 významnějších toků ve státě. Ukazuje se, že typicky náhlé, sídlištními nebo průmyslovými odpady nezdůvodněné až řádově velké výkyvy analytických hodnot o jakosti vody jsou v souvislosti se „splachy, smyvy a eluáty“ z velkoplošně obhospodařované zemědělské půdy. Zemědělství v ČSSR se tak stává třetím (vedle sídlišť a průmyslu) zdrojem denaturace přírodního prostředí.

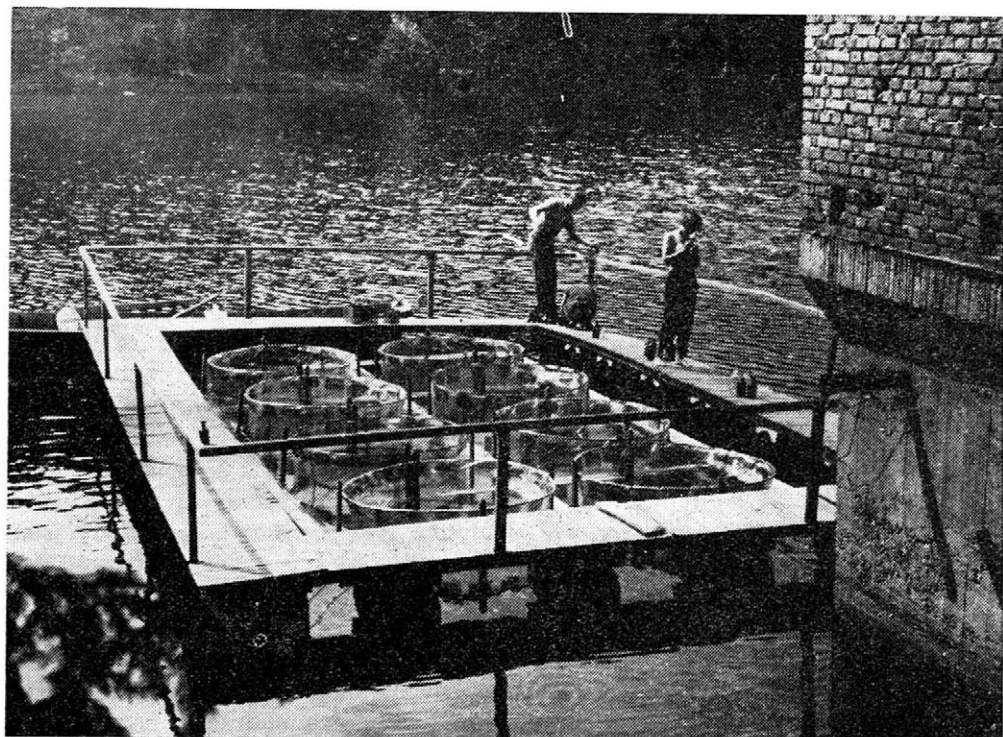
Výzkum „akumulačního faktoru“, který mění tekoucí vody povrchové na vody údolních nádrží, prokázal mimořádnou významnost obsahu fosforu v těch povrchových vodách, které budou hromaděny v údolních nádržích. Je udáváno, že dokonce již 20 μg P_2O_5 — fosforu postačí, aby ve vegetační době za vhodných meteorologických podmínek byl dán impuls k masovému rozvoji fytoplanktonu („vodní květy“). Plochu půdy, na které se formuje jakost povrchových vod, ovlivňuje z 93 % zemědělská a lesní výroba. Ochrana povrchových vod před touto jejich třetí zátěží je proto možná jedině aktivními, experimentálně prokázanými zemědělsko-lesnickými postupy („vegetační bariéra“).

MATERIÁL A METODY

Od r. 1965 platná ČSN 83 0602 (Posuzování jakosti povrchových vod a způsob její klasifikace) mezi svými 27 jakostními indikátory fosfor neuvádí. Je proto obtížné učinit si představu o obsahu fosforu v povrchových tocích na území celého státu v období před přechodem od maloplošné zemědělské výroby na ekonomicky výhodnější výrobu velkoplošnou, tj. asi před r. 1949. Z materiálů, které jsou v tomto směru k dispozici, jsou nejstaršího data patrně výzkumy na 1. želivské údolní nádrži u Sedlice (nejhořejší tok řeky Želivky), které prováděl od r. 1952 Ústav hygieny ministerstva zdravotnictví. Teprve tehdy, v souvislosti se studiem dynamických změn jakosti povrchových vod akumulovaných v údolních nádržích, byla obrácena systematická pozornost na tento biogenní prvek i u nás.

Kromě poměrů z této vodárenské řeky, která má od r. 1972 zásobovat pitnou a užitkovou vodou asi 1/10 obyvatel ČSSR (Švihovská údolní nádrž na dolním toku, 263 mil. m³), jsou k dispozici analytické hodnoty z následujících toků: Košátecký potok, jehož jakost je sledovaná Výzkumným ústavem závlahového hospodářství od r. 1959, řeka Malše a její přítoky, sledované od r. 1967 a řeka Mže, sledovaná od r. 1968.

Pro orientační představu, jaká množství fosforu se dostávají vinou „splachů, smyvů a eluátů“ do povrchových vod, je možno použít nepřímo i hodnot pro „nerozpuštěné látky“ (kal). Tento indikátor, který je pravidelně a dlouhodobě sledován na „modelu Želivka“ od r. 1942 (Kredba, Hamáčková, Gabriel 1948), s ohledem na mechanismus, kterým se dostává tento tak málo migrující prvek do povrchových vod, tj. společně s „částecami zeminy“, je v přímé závislosti na



1. Pokusný vor s 8 silonovými nádržemi na údolní nádrži Sedlice (řeka Želivka) a experimentální prověřování různých chemických látek na dynamiku jakostních změn akumulovaných vod. — Experimental raft with 8 silon containers in the river basin Sedlice (river Želivka), and experimental checking of the effect of different chemical substances on the dynamics of the quality changes in the accumulated waters

hodnotách indikátoru „nerozpuštěné látky“. Jejich hodnoty jsou pak známe z ročenek „Jakost vody v tocích“ pro území celého státu za posledních 10 roků.

Spolehlivý experimentální důkaz o vlivu fosforu na dynamiku jakostních změn akumulovaných vod v údolních nádržích není možno podat cestou pokusů v malých množstvích vody v laboratoři. Izolovaná malá množství vody (objemy několika desítek litrů vody), umístěná v laboratoři i přímo v terénu, mají zcela jinou dynamiku jakostních změn než masy vody (miliony m³ vody), nahromaděné v prostoru údolní nádrže. Proto byl na terénním pracovišti Ústavu hygieny ministerstva zdravotnictví (údolní nádrž Sedlice) zkonstruován prototypový pokusný vor (obr. č. 1).

I když šlo o poměrně malou údolní nádrž (2 mil. m³ vody), nebylo možno experimentální zásahy provádět v celém jejím objemu. Pomocí pokusného voru o rozměrech 10 × 6,5 m, snadno přístupného pro experimenty z ochozu, byly z masy vody údolní nádrže pomocí 8 silonových nádrží nepropustně odizolovány objemy vody od 16 do 23,5 m³. Za účelem rozpoznání vlivu různých příměsí (čisté chemické látky, jejich směsi, přímo odpadní vody) byl za naprosto stejných podmínek teplotních a denního oslunění, jaké probíhalo na celé údolní nádrži, hledán neefektivnější vliv na „primární produkci“. Na rozdíl od poměrů v geosféře (zemědělská rostlinná výroba) byl pro poměry v hydrosféře sledován cíl přesně opačný, tj. vyloučit vše, co přispívá ke zvyšování této „primární produkce“, která vede ke znehodnocování vody v tomto nákladném díle („vodní květy“, eutrofizace). A biogenní fosfor, jak se potvrdilo, hraje při tom úlohu prvořadou.

VÝSLEDKY

Obsah fosforu v povrchových vodách, zjišťovaný fotokolorimetricky (metodou s molybdenanem), je vyjadřován buď jako P₂O₅ (tj. 1 mg = 0,436 mgP), nebo jako PO₄ (tj. 1 mg = 0,326 mg P). Na „modelu Želivka“ byl jeho obsah sledován až po r. 1949, tj. po přechodu maloplošné výroby na velkoplošnou, a to jedině na jejím nejhořejším toku. U přítoku do Sedlické údolní nádrže bez veškerých odpadních vod sídlištních a průmyslových (Kletecký potok) se jeho obsah pohyboval v r. 1953–1954 v rozmezí od 0 do 60 μg P₂O₅/l. Naproti tomu přítok ovlivňovaný ze vzdálenosti 12 km odpadními vodami sídlištními a průmyslovými (řička Hejlovka) přinášel do údolní nádrže fosfor v hodnotách od 30 do 520 μg P₂O₅/l.

Avšak již v r. 1955 až 1956 dochází k určitému vyrovnání v přísunu fosforu do nádrže. Jestliže poměry v povodí zatíženém odpadními vodami sídlištními a průmyslovými (škrobárna, mlékárna, strojní výroba) zůstávají v podstatě stejné (20–300 μg P₂O₅/l), pak podíl přítoku jen se zemědělskou výrobou zůstává v minimu sice stejný (nulová hodnota), avšak v maximu dosahuje až 120 μg P₂O₅/l (tj. 52,32 μg P/l).

Pro období r. 1966–1969 jsou již známe hodnoty o obsahu biogenního P pro celý tok Želivky, a to ve čtyřech rozhodujících profilech: výtok z údolní nádrže Sedlice (říční km 63,8), profil pod Želivem (říční km 52,4), profil Zahradka (říční km 29,8) a profil výstavby nové akumulace (říční km 4,9; vodárenská údolní nádrž Švihov). V tomto období se obsah fosforu v prvních dvou profilech pohyboval v hodnotách „stopy“ až 350, v říčním km 29,8 v hodnotě „stopy“ až 500 a v profilu stavby Švihovské údolní nádrže od hodnoty „stopy“ až do 400 μg PO₄/l.

Ve vodách pěti želivských přítoků, které jsou v těsnějším kontaktu se zemědělsky obdělávanými plochami, měl obsah fosforu v podstatě vyšší variabilitu. Ve vodách říčky Trnávky šlo o rozpětí od hodnoty „stopy“ až do 3035 μg PO₄/l (tj. až 0,989 mg P/l), Martinického potoku od „stopy“ až do 800, Blažejovického potoku od „stopy“ do 160, Tomického potoku od „stopy“ do 200 a Čechtického potoku od „stopy“ do 380 μg PO₄/l.

Další dlouhodobé (r. 1959–1969) hodnoty o obsahu fosforu v povrchových vodách jsou k dispozici v povodí Košáteckého potoku. V tomto případě však jde o povrchovou vodu zatěžovanou také odpadními vodami kampaňovými (cukrovar). Proto na účet „vegetačně nevyužitého fosforu“ je možno bezpečně uvažovat jen hodnoty získané mimo obvyklou cukrovarskou kampaň. V průběhu těchto 11 roků se obsah PO_4 – fosforu v profilu „Tišice“ pohyboval od 0 do $600 \mu\text{g/l}$. Pro dobu mimokampaňovou byl zjištěn rozkvět hodnot od 0 (23. 8. 1966) až do $520 \mu\text{g PO}_4/\text{l}$ (dne 20. 5. 1966, tj. $169,52 \mu\text{g P/l}$).

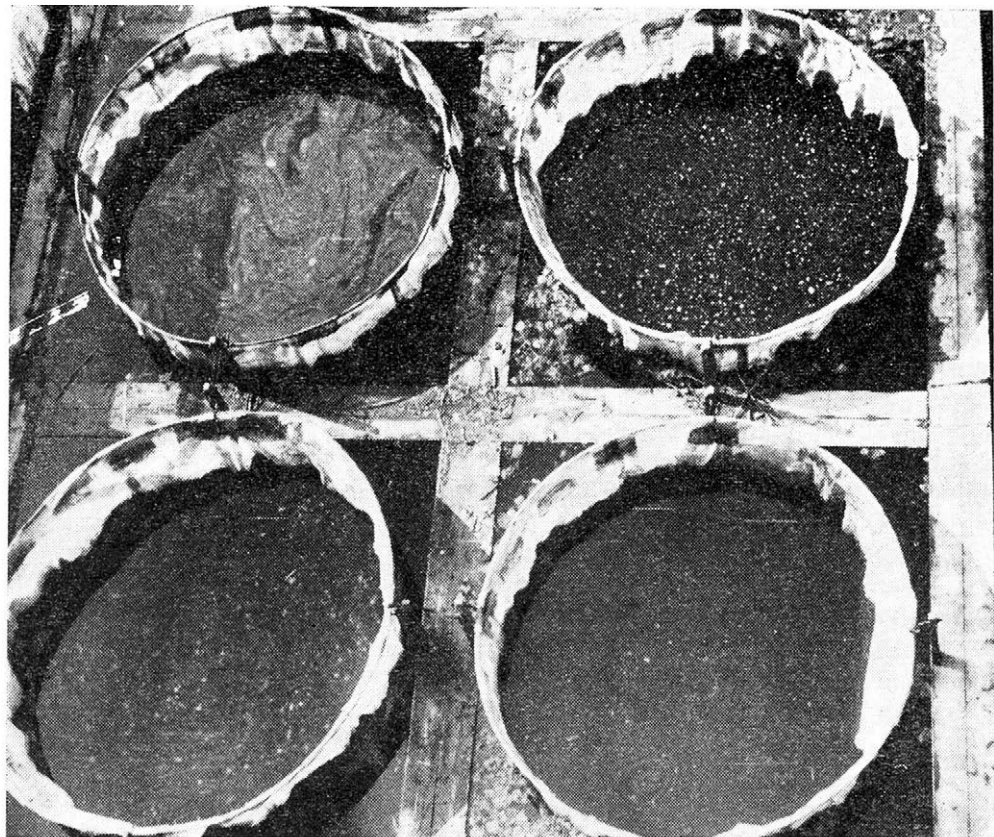
Ostatní dvě povodí (Malše, Mže), použita pro vyhodnocení vlivu geosféry na hydrosféru, jsou po stránce obsahu biogenního fosforu v jejich vodách sledována již jako aplikace „modelu Želivka“ v souvislosti s projekty vodárenských nádrží. V povodí Malše je to od r. 1967 a v povodí Mže od r. 1968. Získané výsledky mají proto ráz „předběžných sdělení“.

Na vlastním toku řeky Malše, v podstatě stejného typu jako je „model Želivka“, bez významnějších sídlištních a průmyslových odpadů (přibližně úsek říčního km 50 až 22), byly ve vzorcích vody zjištěny hodnoty od 30 do $1200 \mu\text{g PO}_4/\text{l}$. Naproti tomu ve vodách jejich malých přítoků, zřejmě v souvislosti s bezprostředním vlivem okolních zemědělských provozů, se tyto hodnoty pohybují od 20 do $8500 \mu\text{g PO}_4/\text{l}$ (tj. od 6,25 do $2771 \mu\text{g P/l}$).

Dosavadním dvouročním výzkumem řeky Mže nelze zatím bezpečně rozlišit původ jejího fosforu. Je programem dalšího výzkumu, prováděného v rámci „Tachovského experimentu“ na zprůmyslnění zemědělství. Bude třeba zjistit, jaký podíl z celkového množství až $870 \mu\text{g P}_2\text{O}_5/\text{l}$ jde na účet zemědělské velkovýroby a co zavinují odpadní vody velkých sídlišť a jejich průmyslu (Tachov, Stříbro). V každém případě je bezpečně jisté, že rozkolísanost obsahu P_2O_5 na nejhořejší Mži (profil Lučina) bez sídlištních a průmyslových odpadů v rozmezí od 0 do $200 \mu\text{g P}_2\text{O}_5/\text{l}$ je třeba přičíst na účet „splachů a smyvů“ ze zemědělských ploch o tamější svaživosti půdy.

I. P_2O_5 a rozvoj fytoplanktonu ve vegetační době (srpen). — P_2O_5 and development of phytoplankton during the vegetation period (August)

Doba po zásahu (1 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{l}$)	P_2O_5 ($\mu\text{g/l}$)		Fytoplankton (počet organismů/ml)		Změny v jakosti vody					
					pH		rozp. O_2 (mg/l)		organ. látky (mg O_2/l)	
	pokus	kontrola	pokus	kontrola	pokus	kontrola	pokus	kontrola	pokus	kontrola
2 dny	105	30	2 600	3 100	9,2	8,2	14,4	11	11,5	13,4
3 dny	1050	20	6 242	3 200	9,4	9,2	9,2	11,2	10,5	13,2
5 dnů	700	15	17 300	13 400	9,2	9,4	19,3	17,8	11,7	9,9
7 dnů	235	35	51 200	10 200	9,4	9,2	20,8	16,5	17	11,8
8 dnů	135	40	28 300	14 000	9,2	9	19,1	17,9	12,8	11,8
11 dnů	115	45	2 535 600	10 800	9,5	8,8	20,2	16,3	24,6	13,8
12 dnů	100	30	728 200	4 300	9	8,4	19	15,5	28	15
13 dnů	55	65	446 200	9 200	8	8	8,5	12,1	11	10,2



2. Pokusná silonová nádrž (21,24 m³ vody) 11 dnů po zásahu 1 mg P₂O₅-fosforu/l (vlevo nahoře) a kontrola (přirozená voda údolní nádrže, vpravo dole). — Experimental silon container (21.24 m³ of water) on the 11th day after the intervention. 1 mg of P₂O₅ phosphorus/litre (left top) and control (natural water in the river basin, right bottom)

Získané analytické výsledky dokazují, že ve všech těchto čtyřech povodích jde o takové množství biogenního fosforu ve vodě, že podmínka „zákona minima“ (tj. nejméně 20 $\mu\text{g P/l}$) v obsahu fosforu jako impulsu pro znehodnocování vody v údolních nádržích („vodní květy“, eutrofizace) je všude splněna. A že biogenní fosfor je skutečně základní podmínkou nadměrné „primární produkce“ i v našich poměrech, to bylo prokázáno prověřovacím experimentem na „pokusném voru“, umístěném na Sedlické údolní nádrži v příslušné vegetační době (srpen).

Jak je zřejmé z tabulky I, zásah pomocí 1 mg P₂O₅/l (tj. 0,436 mg P/l) vyvolal bezpečně během 11 dnů o více než dva řády intenzivnější rozvoj fytoplanktonů (2 535 600 organismů/ml), než jaký byl v kontrolní silonové nádrži (10 800 organismů/ml) o přirozeném obsahu fosforu (15–45 $\mu\text{g P}_2\text{O}_5/\text{l}$, tj. 8,5–20,6 $\mu\text{g P/l}$). Tento nápadně vysoký rozdíl v oživení vody vlivem fosforu je dokonce dobře zjištělný přímo makroskopicky (obr. č. 2, nádrž vlevo nahoře a „kontrola“, nádrž vpravo dole).

Metoda usuzování z laboratorního rozboru vzorku vody na intenzitu „splachů, smyvů a eluátů“ ze zemědělských ploch se opírá o dlouhodobý (r. 1942 až 1969) výzkum na „modelu Želivka“ (Gabriel, Symon 1961, Gabriel 1964). Získané fyzikální, chemické, bakteriologické a biologické hodnoty o složení vzorku vody, zpravidla ve 4 profilech toku, byly srovnávány, při znalosti místní neměnné situace v terénu s velmi variabilní, náhodnou situací meteorologickou.

Z řady analytických hodnot, opakovaných někdy až každý měsíc během roku, byly pak vybrány hodnoty minimální a maximální. V povodí řeky Želivky, bez průmyslových a sídlištních zdrojů znečištění, jedinou možnou změnou, která příslušný indikátor pozměnila, byla situace meteorologická. Je proto možno právem z rozdílu mezi hodnotou minimální a maximální usuzovat na velikost „splachů, smyvů a eluátů“ z intenzívně obhospodařované zemědělské půdy tohoto povodí.

Důvod používání metody „minim a maxim“ pro hodnocení vlivu zemědělské výroby na složení hydrosféry spočívá v naprosté náhodnosti zastihnout tento jediný ovlivňující faktor v okamžiku odběru vzorku vody z toku. Jeho komplexní analýza z hlediska výše uvedeného 4-aspektu (fyzika — chemie — bakteriologie — biologie) představuje časově náročnou práci. Proto mohou být takové rozborů pro běžné účely vodohospodářské a hygienické prováděny jen v omezené frekvenci, zpravidla 4–12 X během roku.

Má-li být hodnocení povrchové vody v toku využito pro praktické účely, je nezbytné znát jakost vody v hlavních profilech zdrojů znečištění. Tak např. jakost vody řeky Labe je hodnocena rozborů až ve 28, Vltavy ve 20, Moravy ve 21, Váhu ve 20, Hronu v 10 profilech. Pravděpodobnost zastižení rozhodujícího faktoru pro „splachy, smyvů a eluáty“ — vodní srážku — je v rámci četnosti prakticky možných rozborů během roku mizivě malá. Proto jakékoliv další statistické zpracování získaných hodnot nemůže nijak významněji zdůraznit rozhodující faktor těchto změn, nýbrž naopak, cestou zprůměrnování spíše jeho důležitost snižovat.

Konstatovaný stoupající trend v zanášení vegetačně nevyužitého fosforu ze zemědělských ploch do našich povrchových vod je zřejmě také v souvislosti s dnešním intenzívnějším využíváním průmyslových hnojiv a důkladnějším obděláváním zemědělské půdy. Toto znehodnocování hydrosféry velkoplošnou zemědělskou výrobou je známé i ze zahraničí. Tak např. Wetzel (1969) podle zkušeností z NDR uvádí, že luční potok bez jakéhokoliv kontaktu s odpadními vodami sídlištními a průmyslovými vede v suchém období vodu o maximálním obsahu 20 μg P/l, kdežto v období jarního tání je dosahováno až hodnoty 460 μg P/l. Jak autor uvádí, jde jasně o fosfor ze splavovaných částek hnojené zemědělské půdy.

Podle našich vlastních zkušeností na „modelu Želivka“ nemusí to být jen „splachy a smyvů“ ze zemědělských ploch, které zvyšují obsah biogenního fosforu v tocích ze zemědělského provozu. Může existovat i jiná cesta. V předvegetační době (měsíc duben) došlo v prostoru nejhořejší Želivky asi ke 14dennímu poměrně „suchému“ období (jen 18,6 mm srážek). Ke konci tohoto období velmi intenzívní vzdušné poruchy (14.–19. dubna až rychlost „vichřice“) přenesly z okolní hnojené zemědělské půdy, která byla v té době bez vegetace, do ovzduší taková množství fosforu, že ve srážkové vodě bylo zjištěno dne 22. 4. 245, dne 23. 4. 160 a dne 24. 4. ještě 120 μg P/l vody. Aby byla vyloučena tato

cesta znehodnocování životního prostředí ze zemědělských ploch, bude nezbytně nutné alespoň kolem údolních nádrží používat průmyslová hnojiva granulovaná.

Obsahu biogenního fosforu v povrchových vodách, a to především jako příčině eutrofizace jejich vod akumulovaných v údolních nádržích, je i v zahraničí věnována v poslední době zvýšená pozornost. Není však ještě dost striktně rozpoznáván jeho původ. Tak pro povodí Volhy a jejích přítoků udává Zenin (1965) hodnoty daleko menší než jsme zjistili v ČSSR. Pro poměry u Gorkovské údolní nádrže a čtyř přítoků Volhy z r. 1954—1958 byly zjištěny hodnoty od 2 do 74 $\mu\text{g P/l}$. U Kujbyševské údolní nádrže (r. 1954—1961) jsou to hodnoty od 3 do 64 a u Volgogradské (r. 1954—1961) hodnoty od 1 do 78 $\mu\text{g P/l}$.

S ohledem na efektivnost zemědělské výroby není možno nastoupit ochranu před zanášením fosforu do povrchových vod, a to ani v těch, které jsou určeny pro vodárenské účely, cmezováním nebo přímo zákazem hnojení. Prevence musí vycházet ze zcela jiných mechanismů. Nejlepší, a to přirozenou ochranou, bude vždy vhodně volená a řízená vegetace, která jako „vegetační bariéra“ zadrží a využije tento biogenní prvek dříve než by se dostal cestou splavování zeminy až do vodního toku.

Její modelové rozpracování podle návrhu, který byl zveřejněn v publikaci (L h o t a a kol. 1965), je prakticky realizováno při současné výstavě naší největší vodárenské nádrže ze Želivky (profil Švihov). Nezbytně nutná opatření musí však bezpodmínečně vycházet ze syntézy zkušeností vodohospodářů, hygieniků a především zemědělců a lesníků. Jedině tak bude možno zabránit dalšímu znehodnocování našich povrchových vod, které vzniklo přechodem maloplošné zemědělské výroby na výrobu velkoplošnou.

Literatura

- GABRIEL J., SYMON K., 1961, Dinamika izmenenij kačestva vody vodochranilišča. Gigijena vodochranilišč. Moskva, 235—245.
GABRIEL J., 1964, Usměrněný vegetační pokryv jako meliorační prvek jakosti vody v údolních nádržích. Vegetační problémy při budování vodních děl. Praha, 219—232.
KREDBA M., HAMÁČKOVÁ J., GABRIEL J., 1948, Výzkum jakosti našich povrchových vod. Praha.
LHOTA O. a kol., 1965, Studie o biotechnické ochraně jakosti vody ve Švihovské údolní nádrži. Praha.
WETZEL A., 1969, Technische Hydrobiologie, Leipzig. 1. c. p. 245
ZENIN A. A., 1965, Hidrochimija Volgi i jejo vodochranilišče. Leningrad.
Jakost vody v tocích za rok 1959—1961; 1963—1967. Praha, 1960—1968.

Došlo dne 16. 1. 1970

GABRIEL J. *Vegetačně nevyužitý fosfor jako další zdroj znehodnocování povrchových vod v ČSSR*. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5) : 559-566, 1970.

Povrchové vody se stávají v ČSSR jediné možnými velkokapacitními zdroji vody pro další účely celospolečenské. Modelovým výzkumem (r. 1942—1969) řeky Želivky bylo prokázáno, že po přechodu od maloplošné zemědělské výroby na velkoplošnou (asi od r. 1949) vhodnost její vody pro vodárenské účely postupně klesá. Zvýšená mikroeroze (splachy, smyvy a eluáty ze zemědělské půdy) je objektivně zachycována příslušnými rozbory povrchových vod. Jde tedy nejen o ztráty pro zemědělství (živiny, nenahraditelná jemnozerní), nýbrž současně — vedle odpadních vod sídlištních a průmyslových — se stává takto velkoplošné obdělávání půdy třetím denaturalizačním faktorem přírodního prostředí. Biogenní fosfor při tomto znehodnocovacím procesu hraje úlohu mimořádnou. Již 20 mikr. P_2O_5 -fosforu/l

je v době vegetační hranicí možného nadměrného rozvoje fytoplanktonu, který vede až k dočasnému vyřazení nákladného vodního díla z provozu („vodní květy“). povrchové vody v ČSSR; denaturace povrchových vod zemědělskou výrobou: fosfor a „vodní květy“

ГАБРИЕЛ Й. (Институт гигиены Министерства здравоохранения, Прага). Вегетационно неиспользованный фосфор как дальнейший источник загрязнения поверхностных вод в ЧССР. Rostlinná výroba (Praha) 16 (5): 559-566, 1970.

Поверхностные воды в ЧССР становятся единственными возможными крупнообъемными источниками воды, используемыми в общественных целях. Путем модельного обследования (1942-1969 г. г.) реки Желивки было доказано, что после перехода от мелкого сельскохозяйственного производства к крупному (приблизительно с 1949 г.) пригодность воды в Желивке для использования в водохозяйственных целях постепенно падает. Повышенная микроэрозия (смывы, элюаты) в сельскохозяйственной земле объективно отражена в соответствующих анализах поверхностных вод. Таким образом, речь идет не только о потерях для сельского хозяйства (питательные вещества, незаменимый мелкозем), а одновременно — наряду с поселковыми и промышленными сточными водами — обработка почвы на крупных площадях становится таким образом третьим денитурализирующим фактором естественной среды. Биогенный фосфор при этом процессе загрязнения вод играет исключительную роль. Уже 20 микрогр. P_2O_5 — фосфора/л в вегетационный период является пределом возможного чрезмерного развития фитопланктона, которое бывает причиной даже временного выведения из строя дорогостоящих водных сооружений (цветение воды).

поверхностные воды в ЧССР; денатурализация поверхностных вод сельскохозяйственным производством; фосфор и «цветение воды»

Adresa autora:

RNDr. Josef Gabriel, CSc., Ústav hygieny ministerstva zdravotnictví, Praha 10, Srobárova 48

Pírkli J.: Otázka fosforu ve výživě rostlin je stále nede- řešeným problémem	úvod
Pospíšil F.: Organický fosfor v půdě, jeho extrakce a mi- neralizace	457
Hudcová O., Kovářová B.: Sorpce fosfátů půdní jílo- vou frakcí	467
Kadaňková Z.: Vliv izolovaného působení organického a minerálního hnojení na obsah a formy fosforu v půdě	475
Kadaňková Z.: Agronomické aspekty používání elektrá- renských popílků. IV. Vliv elektrárenských popílků na ex- trahovatelnost fosforu z půdy	481
Pírkli J., Novozámský I.: Extrahovatelnost některých fosforečných solí metodami pro stanovení přístupného fos- foru	493
Mazanec O.: Obsah přijatelné kyseliny fosforečné v půdě jako jeden z hlavních ukazatelů vývoje půdní úrodnosti	499
Pešák M.: Příspěvek k otázce vlivu obsahu skeletu v or- ničním profilu na obsah přijatelných živin	505
Frančík J., Neuberger J.: Reakce louky na aplikaci vy- soké dávky fosforečných hnojiv při intenzivní výživě porostu I. Výnosy píce v prvních třech letech	513
Škarda M., Koula J.: Vliv zásobního hnojení fosforem na půdu a rostliny v řepářském osevním postupu	525
Haman F.: Studium změn půdních fosfátů po aplikaci fosforečnanů vápenatých ve vztahu k rostlině. I. Výnosové výsledky a jejich závislost na „přístupném“ fosforu v pů- dě	537
Svoboda J., Římovský K., Richter R.: Vliv stup- ňovaných dávek fosforu v kombinaci s dusíkem na růst a vývoj podzemních orgánů hrachu setého (<i>Pisum sativum</i> L.)	551
Gabriel J.: Vegetačně nevyužitý fosfor jako další zdroj znehodnocování povrchových vod v ČSSR	559

СОДЕРЖАНИЕ

Поспишил Ф.: Органический фосфор в почве, его экстрагирование и минерализация (465). — Гудцова О., Коваржова Б.: Сорбция фосфатов почвенной илистой фракцией (474). — Kadaňková Z.: Влияние изолированного действия органического и минерального удобрения на содержание и формы фосфора в почве (480). — Kadaňková Z.: Агрономические аспекты применения зольных выбросов электростанций. IV. Влияние зольных выбросов электростанций на экстрагируемость фосфора из почвы (491). — Пírkli J., Новозамский И.: Экстрагируемость некоторых фосфорных солей методами определения доступного фосфора (497). — Мазанец О.: Содержание усвояемой фосфорной кислоты в почве как один из главных показателей повышения плодородия почвы (503). — Пешак М.: К вопросу о влиянии содержания скелета в пахотном профиле на содержание питательных веществ (510). — Франчик И., Неиберт И.: Реакция луга на внесение высокой дозы фосфорных удобрений при интенсивном питании травостоя. I. Урожай кормовых трав в течение первых трех лет (523). — Шкарда М., Коула И.: Влияние дополнительного удобрения фосфором на почву и растения в свекловичном севообороте (536). — Гаман Ф.: Изучение изменений почвенных фосфатов после внесения фосфорнокислого кальция по отношению к растению. I. Урожай и их зависимость от «доступного» фосфора в почве (549). — Svoboda J., Ржимовский К., Рихтер Р.: Влияние дифференцированных доз фосфора в сочетании с азотом на рост и развитие подземных органов посезного гороха (*Pisum sativum* L.) (558). — Gabriel J.: Вегетационно неиспользованный фосфор как дальнейший источник загрязнения поверхностных вод в ЧССР (566).

CONTENT

Pospíšil F.: Organic Phosphorus in Soil, Its Extraction and Mineralization (457). — Hudcová O., Kovářová B.: The Sorption of Phosphates by the Soil Clay Fraction (467). — Kadaňková Z.: The Influence of the Isolated Acting of Organic and Mineral Fertilization on the Content and Form of Phosphorus in the Soil (475). — Kadaňková Z.: Agronomic Aspects of the

Use of Power-Plant Ashes. IV. The Effect of Power-Plant Ash on the Extractability of Phosphorus from Soil (481). — Pírk J., Novozámský I.: The Extractability of Some Phosphoric Salts by Means of Methods for the Determination of Available Phosphorus (493). — Mazanec O.: The Content of Allowable Phosphoric Acid in Soil as One of the Main Indices of the Development of Soil Fertility (499). — Pešák M.: On the Problem of the Effect of Skeleton Content in the Topsoil Profile on the Content of Available Nutrients (505). — Frančík J., Neuberger J.: The Response of Meadows to the Application of a High Dose of Phosphorus Fertilizers in an Intensive System of the Nutrition of Stand. I. Yields of Fodder in the First Three Years (513). — Škarda M., Koula J.: The Effect of Reserve-Phosphorus Fertilizing on Soil and Plants in the Beet-Growing Crop Rotation (525). — Haman F.: Examination of Changes in Soil Phosphates after the Application of Calcium Phosphates in Relation to the Plant. I. Yield Results and Their Dependence on „Available“ Phosphorus in Soil (537). — Svoboda J., Římovský K., Richter R.: The Influence of Graded Doses of Phosphorus in Combination with Nitrogen on the Growth and Development of the Underground Organs of Peas (*Pisum sativum* L.) (551). — Gabriel J.: Phosphorus, not Utilized by Vegetation, as another Source of the Deterioration of Surface Waters in Czechoslovakia (559).

INHALT

Pospíšil F.: Organischer Phosphor im Boden, seine Extraktion und Mineralisierung (res. E/457). — Hudcová O., Kovářová B.: Phosphatensorption durch die Bodentonfraktion (res. E/467). — Kadaňková Z.: Einfluß der isolierten Wirkung der organischen und Minerale Düngung auf den Gehalt und auf die Phosphorformen im Boden (res. E/475). — Kadaňková Z.: Agronomische Aspekte der Anwendung von Kraftwerkflugaschen. IV. Einfluß der Kraftwerkflugaschen auf die Extrahierbarkeit des Phosphors aus dem Boden (res. E/481). — Pírk J., Novozámský I.: Extrahierbarkeit einiger Phosphorsalze mittels Methoden zur Bestimmung des aufnehmbaren Phosphors (res. E/493). — Mazanec O.: Gehalt der aufnehmbaren Phosphorsäure im Boden als eine der wichtigsten Kennziffern der Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit (res. E/499). — Pešák M.: Beitrag zur Frage des Einflusses des Skelettgehaltes im Ackerkrumenprofil auf den Gehalt der aufnehmbaren Nährstoffe (512). — Frančík J., Neuberger J.: Reaktion der Wiese auf die Applikation der hohen Gabe von Phosphordüngern bei intensiver Bestandsernährung (res. E/513). — Škarda M., Koula J.: Einfluß der Vorratsdüngung mit Phosphor auf den Boden und auf die Pflanzen in der Zuckerrübenfruchtfolge (res. E/525). — Haman F.: Studium der Veränderungen der Bodenphosphate nach der Applikation von Kalziumphosphaten in bezug auf die Pflanze. I. Ertragsergebnisse und ihre Abhängigkeit vom „zugänglichen“ Phosphor im Boden (res. E/537). — Svoboda J., Římovský K., Richter R.: Einfluß der gesteigerten Phosphorgaben in Kombination mit Stickstoff auf das Wachstum und auf die Entwicklung der unterirdischen Organe der Saaterbse (*Pisum sativum* L.) (res. E/551). — Gabriel J.: Vegetativ unausgenützter Phosphor als weitere Quelle der Entwertung der Tagwässer in der CSSR (res. E/559).



Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, Legerova 22, Praha 2.