

VĚDECKÝ ČASOPIS

ROSTLINNÁ VÝROBA

3

ROČNÍK 13 (XL)
PRAHA,
BŘEZEN 1967
CENA 18 Kčs

ÚSTAV
VĚDECKOTECHNICKÝCH
INFORMACÍ MZLH

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., ing. Jiljí Fiedler, CSc., prof. dr. ing. Ladislav Hruška, prof. dr. Jan Hruza, ing. Ján Jasič, prof. dr. ing. Vladimír Košíl, DrSc., doc. dr. ing. František Landovský, ing. Jozef Lopatník, CSc., člen korespondent ČSAV ing. František Mareček, ing. Vladimír Martinek, CSc., ing. František Mráz, ing. Jaroslav Neuberg, CSc., ing. Ctirad Patejdl, ing. Jaroslav Prugar, CSc., doc. ing. Václav Rybáček, doc. ing. Vladimír Segefa, CSc., ing. Miloslav Schmied, doc. ing. Vladimír Skládal, ing. Josef Slepíčka, doc. ing. Antonín Straňák, CSc., ing. Juraj Uhliár, RNDr. ing. Jaroslav Zakopal.

Vedoucí redaktorka Milena Sovová

© Ústav vědeckotechnických informací MZLH, Praha 1967

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu z oboru rostlinné výroby. Vydává Ústav vědeckotechnických informací ministerstva zemědělství a lesního hospodářství. Vychází měsíčně. Redakce: Praha 2, Slezská 7, telefon 257541. 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 Министерства сельского и лесного хозяйства. Выход в свет ежемесячно. Редакция Прага 2, Слезска 7.

The scientific journal ROSTLINNÁ VÝROBA publishes 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 of the Ministry of Agriculture and Forest Management. 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 des Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft. 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 du Ministère de l'agriculture et des forêts. Publié chaque mois. Rédaction Prague 2, Slezská 7.

Problémy spojené se zajištěním perspektivního výzkumného plánu na úseku výživy rostlin

V průběhu posledních několika let se hlavní problémy výživy rostlin, zařazené dříve ve společném plánu pouze pod jeden hlavní úkol státní a jeden úkol resortní, začaly diferencovat. Prudký rozvoj výživy rostlin si vynutil řešení četných nových problémů, tedy nových dílčích úkolů a tím i nutnost vytvořit více hlavních úkolů. V průběhu let se však také mnohé dílčí úkoly oddělily a přešly k hlavním úkolům jiných oborů. Zejména to byly úkoly související s otázkami výživy speciálních plodin (vinné révy, chmele, luk a pastvin atd.). Později s probíhajícím procesem konsolidace dalších specializovaných ústavů se oddělily i úkoly výživy rostlin hlavních plodin (obilniny, kukuřice, cukrová řepa, brambory atd.). Tyto dílčí úkoly se pak staly součástí hlavních úkolů řešících komplexně celou agrotechniku pěstování příslušné plodiny.

Je pravda, že na urychlení těchto přesunů měl vliv prozíravý postoj některých koordinátorů, avšak hlavní silou, která si tento stav vynutila, byla sama výzkumná praxe. Plánovací systém a organizační struktura výzkumné základny (ústavy a jejich kádrové, materiální a finanční hospodaření) totiž stále nutí k maximální jednotě výzkumných úkolů jednotlivých ústavů a poskytují málo porozumění pro potřeby rozvoje příslušných oborů. Tento stav také nedovoluje účinně zasahovat koordinátorům do pracovních kolektivů ústavů. Zařazení jednotlivých problémů podle vědních oborů a jejich centrální řízení z ústředního ústavu je tedy za těchto podmínek stále velmi formální.

Za této situace vzniká pochopitelně na metodických centrech ústředního ústavu nový obsah hlavních úkolů. Řešená tematika získává stále obecnější charakter. Pro nejbližší léta jsou ve výzkumném plánu zařazeny tři úkoly na úseku minerální výživy rostlin, dále úkol organických hnojiv a úkol odpadních hmot. Tyto úkoly jsou vedeny pod následujícími tituly:

- Výzkum účinnosti a vhodné aplikace nových druhů průmyslových hnojiv — A-O-29-2
- Výzkum soustav hnojení při použití vysokých dávek průmyslových hnojiv — A-O-29-1
- Výzkum agrochemických vlastností půd z hlediska správného využití průmyslových hnojiv — R-I-12
- Využití průmyslových a městských odpadů k zúrodnování půdy — A-O-29-36
- Výzkum procesů mineralizace a humifikace organických látek a jejich funkce v půdě — VII-1-2.

První úkol zahrnuje řešení problematiky kapalných hnojiv; vyšetřování účinnosti pozvolna působících forem hnojiv, účinnosti nitrofosek domácí výroby, sortimentu fosforečných hnojiv a závažné otázky povrchové úpravy hnojiv. Význam kapalných hnojiv ve světovém hnojařském průmyslu den ode dne roste, avšak zůstává zde řada problémů dosud nejen u nás neověřených, ale i celosvětově nedořešených. Také pozvolna působící (zejména dusíkatá) hnojiva představují kromě obvyčejný význam a jsou dnes v našich výzkumných plánech velmi blízce spojeny s otázkami celkového zlepšení fyzikálních vlastností průmyslových hnojiv a přípravy nového typu granulovaných směsí studenou cestou. Problémy nitrofosek, zejména určení nutného podílu vodorozpustné P_2O_5 , jsou dodnes nedořešenou záležitostí. Předpokládaná modernizace hnojařského průmyslu na úseku fosforečných hnojiv a stále nové problémy jejich nejúčelnější aplikace otevírají na tomto úseku stále nové a nové úkoly.

Druhý úkol je v podstatě vyšetřením podmínek využití vysokých dávek živin u polních plodin a travních porostů v jednotlivých výrobních oblastech (kuřičné, řepařské, bramborářské, horské) a na zavlažovaných půdách při použití nejúčelnějšího a nejekonomičtějšího systému v rámci celého osevního postupu. Jde v podstatě o ověření potřebné dávky živin a techniky zapravení s ohledem na dosažení maximálního výnosu. Poslední výsledky výzkumu ukazují nutnost přistoupit z nových hledisek k řešení otázek výživy rostlin v podmínkách intenzifikace zemědělské výroby průmyslovými hnojivy. Ukazuje se nutnost revize normativu spotřeby živin, vznikají nové otázky spojené s vyjasněním pohybu živin v rámci celého koloběhu živin, funkce ekologických faktorů na využití živin a nové definování závislosti mezi obsahem přijatých živin a tvorbou výnosů.

Třetí úkol shrnuje problémy související s agrochemickým výzkumem chování jednotlivých elementů (zatím N, P, a některé mikroelementy) v soustavě půda — rostlina. Předkládané číslo Rostlinné výroby obsahuje některé z těchto problémů, ovšem uvedená problematika je zatím nedostatečně pokryta. Je pravděpodobné, že na tezech posledních dvou úkolů se v nejbližší době nově zformuje celá minerální výživa, zejména dojde-li k převedení problémů souvisejících s vyšetřováním agronomické účinnosti nových typů průmyslových hnojiv z hlavního zemědělského pracoviště do resortu MCHP a bude-li zajištěna dostatečná experimentální báze pro polní pokusnictví.

Na rozhraní úkolů minerální výživy a úkolů organických hnojiv stojí úkol využití městských a průmyslových odpadů ke hnojení. V nejbližší době jde zejména o vyšetření možností využít pro zemědělské účely některých druhů kaustobiolitů, popílků, úletů a některých upravených domácích hornin. Je pravděpodobné, že po jejich konsignaci a základním ověření vlastností materiálu se těžiště této vlastní problematiky přesune k vyšetřování podmínek průmyslového kompostování, a to jenom výživářsky nejúčelnějších odpadů.

Posledním hlavním úkolem je úkol zabývající se výzkumem procesů mineralizace a humifikace organických látek a jejich funkce v půdách. Jde o rozsáhlou problematiku, ve které se využívá získaných vědomostí a zkušeností těchto procesů u klasického organického hnojiva — chlévské mrvy — k tomu, aby byly správně agromicky oceněny vlastnosti „chlévské mrvy“, vznikající v důsledku moderní technologie živočišné výroby, a navrženy nejlepší způsoby využití tohoto hnojivého materiálu.

Kromě těchto úkolů je udělena patřičná pozornost otázce přirozené fixace vzdušného dusíku za využití hlízových bakterií (VII-1-4) a značná pracovní kapacita je udělena i otázkám řízení výživy rostlin v okrese Kolín (A-1-29-2).

Je vyvíjeno úsilí o spojení problému výživy rostlin s úkoly probíhajícími na úseku ekologie polních plodin (R I-14).

Neobyčejně významný úkol z hlediska výživy rostlin představuje nový resortní úkol (R I-39) řešící využití morforegulačních látek v rostlinné výrobě. Je to zahájení cesty vnitřní chemizace rostlin.

S probíhající tendencí utváření hlavních problémů výživy rostlin lze vyslovit uspokojení, i když jsou stále úseky, které nejsou dostatečně zajištěny a naopak je nutno nést tíhu některých úkolů, které svou problematikou nenáleží do řešení našich základních úkolů (Kolín). Důležitým rysem nově zformovaného plánu je užší návaznost jednotlivých úkolů, obecnější vytýčení pracovních výzkumných tezí a komplexnější řešení, sdružující chemiky, agrochemiky, mikrobiology, částečně i půdoznalce a ostatní specialisty na jednom úkole.

Neodpuštělným nedostatkem navrhovaného plánu však je skutečnost, že není u nás vůbec možno zajistit řešení tak důležitých problémů, jakými jsou (jmenuji ty nejdůležitější) vyšetření potřeby hnojení draslem, hořčíkem, sírou, odpovědný výzkum na úseku mikroelementů a komplex otázek biochemie rostlin. Tedy všechno jsou to otázky mimořádně důležité pro širokou praxi již v nejbližších letech, vyžadující účinný rozvoj půdní chemie, fyziologie a rostlinné biochemie na našich pracovištích.

Tyto nedostatky však již souvisí s pohledem na výzkumný plán z té druhé strany, z hlediska struktury celého zemědělského výzkumu, značných nedostatků jeho organizační struktury, výstavby a proporcionality kádrového i materiálního zajištění jednotlivých oborů.

K účinné práci základních výzkumných ústavů je nezbytné zajistit vybudování potřebného počtu komplexních pokusných stanic ústředně řízených a vybudování dostatečně kapacitních oddělení výživy rostlin a půdoznalství ve specializovaných (oblastních) ústavech.

Neodkladnou záležitostí je výstavba potřebného pracoviště pro výživu rostlin a půdoznalství, včetně potřebných zařízení pro vedení výzkumných prací na potřebné teoretické úrovni. Splnění těchto předpokladů je vůbec základem úspěšné práce v příštích letech a překvapuje, s jakou lehkovážností se řešení této otázky rok od roku přesouvá a oddaluje. Tím je potom také zbytečné plánovat rozšíření základny vědeckých kádrů a mluvit o zvýšení jejich vědecké úrovně a progresivnější práci, nejsou-li pro to splněny základní předpoklady — pracovní prostředí a zařízení.

Z hlediska rychlého uplatnění dořešených výzkumných úkolů v praxi je nutno věnovat pozornost účinnému vertikálnímu členění výzkumu. Cílem musí být dosažení nejkratší cesty výsledků výzkumu do praxe. Z tohoto hlediska je hlavním nedostatkem neúčinnost komplexního řešení úkolů, zejména ve směru vertikálním, to znamená od základního agronomického výzkumu až k řešení výrobních zařízení pro realizaci a nedostatek vývojových pracovišť.

Jen jasný program výzkumu jako součásti zemědělské výroby a důsledný a odpovědný přístup k řešení každodenních pracovních problémů výzkumné činnosti může zaručit, že československá zemědělská věda bude nejenom ozdobou našeho zemědělství, ale i požadovanou výrobní silou. Pro obojí má předpoklady v tvůrčí energii výzkumných pracovníků.

Ing. Jaroslav Ne u b e r g, CSc.,

Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, oddělení fyziologie
výživy rostlin a sektor výživy rostlin, Praha-Ruzyně

■ Příjem fosforu kulturními rostlinami v polních podmínkách je většinou obtížnější než příjem ostatních živin. Agrochemie se proto intenzivně zabývá problémem jak zvýšit příjem P_2O_5 , a to nejen z bezprostředně dodávaných forem, ale i z těch, které tvoří tzv. půdní zásobu. Organické frakci P_2O_5 , která může podle Buckmana a Brady (1957) tvořit až 65% podíl veškeré kyseliny fosforečné v půdě, se v současné době věnuje značná pozornost, protože může v určitých podmínkách silně zasáhnout do výživy rostlin fosforem.

Absolutní hodnoty obsahu organické P_2O_5 v půdách kolísají v poměrně velkém rozmezí: Black a Goring (1953) uvádějí minimální hodnotu zjištěnou v písčito-hlinité půdě 4,1 mg P_2O_5 /100 g půdy a maximální 384,1 mg P_2O_5 /100 g půdy pro rašelinnou půdu z Finska (přepočteno). Bohne (1953) našel v hlinitopísčitých půdách z různých oblastí Německa 11,5 až 65,2 mg/100 g organicky vázané P_2O_5 , což činilo 13,7 až 54,8% z celkového obsahu fosforu, v písčito-hlinitých půdách 21,0 až 36,5 mg/100 g (= 29,9 až 54,6%) a v hlinitých půdách 16,5 až 123,9 mg/100 g (= 21,1 až 54,7%). Řádově stejné hodnoty podobného rozmezí uvádí Jahn - Deesbach (1955), který zjistil v různých půdních typech obsah 27 až 73 mg organické P_2O_5 , tvořící 26–67% z celkového obsahu P_2O_5 v půdě. Rozbory, které uvádí Kaila (1963), ukazují, že obdělávané minerální půdy obsahovaly (po přepočtu) 23–216 mg organické P_2O_5 a neobdělávané půdy 20,7 až 121,9 mg. Množství organického fosforu v obdělávaných i panenských půdách směrem do hloubky klesalo, zatímco v neobdělávaných rašelinných půdách byla ještě v hloubce 60–80 cm zjištěna hodnota 151,8 mg/100 P_2O_5 , což byl více než dvacetinásobek hodnoty zjištěné v minerální půdě.

V našich podmínkách sledovali Hampel a Marko (1964) obsah organického fosforu v půdách JRD Topolníky, kde zjistili rozmezí 68,5 až 140 mg organické P_2O_5 na 100 g půdy, což představovalo v průměru $\frac{2}{3}$ z celkového obsahu P_2O_5 v půdě. Obdobně jako Semb a Uhlen (1955) připočítávají uvedení autoři při vyměřování dávek fosforečných hnojiv 1,5% ze zjištěných hodnot organického fosforu k hodnotám podle Egnera.

Hofmann a Teicher (1964), kteří studovali vliv různého hnojení na obsah anorganických a organické formy fosforu v půdě, zjistili, že změny obsahu celkového fosforu v půdě souvisely výhradně se změnami anorganických forem, zatímco organický fosfor zůstával přibližně konstantní.

METODIKA

Při určování agrochemické charakteristiky půd dlouhodobých stacionárních pokusů polních s fosforečným hnojením v různých půdních a klimatických podmínkách Československa jsme provedli také stanovení obsahu organické P_2O_5 metodou Chejfecovou (Chejfec 1948). Princip metody spočívá v nepřímém stanovení organického

Stanoviště	Půda	Charakteristika (stupeň zkulturnění)	Ø roční teplota	Suma srážek	Klima- tická oblast	Výrobní oblast
Borovce	černozem vyluhovaná (na vápenaté spraši)	kulturní půda	9,2	625	A ₃	řepařská
Hrubčice	černozem lužní (na spraši)	kulturní půda	7,7	593	A ₃	řepařská
Víglas	illimerizovaná oglejená půda (na sprašové hlíně)	silně zkulturněná půda	7,7	669	B ₄	bramborářská
Sedlčany	nivní půda	kulturní půda	7,5	604	B ₃	bramborářská
Lukavec	hnědá půda (na deluviu ruly)	méně kulturní půda	6,8	686	B ₅	bramborářská
Hrudkov	illimerizovaná půda oglejená (na deluviu ruly a slídy)	méně kulturní půda	6,1	758	B ₁₀	horská
Česká Lípa	oglejená půda	méně kulturní půda	7,7	687	B ₃	bramborářská

kého fosforu z rozdílu celkového a anorganického v kyselém a alkalickém výluhu. Výsledky, které jsme získali, nám poskytly možnost porovnat zásobu organického fosforu a jeho podíl na celkovém obsahu P_2O_5 zjištěném uvedenou metodou v půdách lišících se různými stanovištními podmínkami, popřípadě různým hnojením.

Charakteristiku půdně klimatických podmínek jednotlivých stanovišť uvádí tabulka I. Stanovení organického fosforu jsme provedli ve směsných vzorcích odebraných ze 4 opakování jednotlivých kombinací, které jsme po usušení na vzduchu prosáli 2mm sítem.

VÝSLEDKY

Obsah organické P_2O_5 ve sledovaných půdách (viz tabulka II) se pohyboval v rozmezí 22,1 mg (Hrubčice 1960, ornice) až 128,0 mg/100 g půdy (Lukavec 1962, ornice, kombinace NK). Těmito hraničními hodnotám odpovídaly hraniční hodnoty podílu organické P_2O_5 z celkového obsahu v půdě: 11,4 % až 55,3 %.

Absolutní hodnoty obsahu organické P_2O_5 v ornici se výrazněji nelišily v souvislosti s půdním typem, stupněm zkulturnění a ostatními stanovištními podmínkami. Podíl obsahu organické P_2O_5 z celkové však byl v ornici více zkulturněných půd (Borovce, Hrubčice, Víglas a Sedlčany) nižší, než tomu bylo v ornici méně zkulturněných půd z Lukavce, Hrudkova a České Lípy (obr. 1).

Rozdíly v podílu organické P_2O_5 v ornici a spodině byly v méně kulturních půdách malé. V kulturních půdách se však spodina odlišovala od ornice výrazně vyšším podílem organické P_2O_5 z celkové (obr. 2). Obdobná tendence byla patrná

II. Obsah organického fosforu v ornici a spodině a jeho podíl z celkového obsahu v půdách dlouhodobých pokusů

Stanoviště pokusu	Rok	Kombinace hnojení	Org. P ₂ O ₅ -mg/100 g		% org. P ₂ O ₅ z celkové	
			ornice ¹⁾	spodina	ornice	spodina
Borovce	1960	před založením	47,9	92,2	27,3	41,9
Hrubčice	1960	před založením	22,1	60,0	11,4	27,4
Víglas	1960	před založením	38,8	108,0	27,4	52,7
Hrudkov	1960	před založením	70,1	61,8	38,7	38,0
	1962	2 (NK) ²⁾	53,8	—	38,6	—
		5 (NKP) ²⁾	56,7	—	36,3	—
	1963	1 (0) ²⁾	49,6	43,1	31,6	30,0
		2 (NK)	47,4	34,1	29,2	22,5
		3 (NKP) ²⁾	58,2	30,9	32,3	21,3
		4 (NKP) ²⁾	48,5	28,0	28,2	20,2
		5 (NKP)	43,1	37,4	25,0	25,7
Sedlčany	1962	2 (NK)	90,0	—	19,5	—
		5 (NKP)	93,8	—	20,5	—
Česká Lípa	1962	2 (NK)	32,3	—	31,6	—
		5 (NKP)	31,4	—	30,8	—
Lukavec	1962	2 (NK)	128,0	—	55,3	—
		5 (NKP)	90,7	—	45,4	—
	1963	1 (0)	86,8	108,0	33,2	45,0
		2 (NK)	60,9	98,3	26,5	42,1
		3 (NKP)	91,9	110,0	36,7	44,6
		4 (NKP)	87,6	115,0	35,4	45,6
		5 (NKP)	96,0	101,0	39,1	38,0

Poznámky:

1) Hloubka ornice = Borovce 30–35 cm, Hrubčice 50–70 cm, Víglas 40 cm, Hrudkov 30–35 cm, Sedlčany 25 cm, Česká Lípa 30 cm, Lukavec 15–20 cm.

2) Kombinace hnojení víceletého polního pokusu s fosforečným hnojením. Celková dávka živin na kombinaci 3 za 3 roky trvání pokusu byla 150 kg N, 150 kg P₂O₅ a 200 kg P₂O/ha. Na kombinaci 4 byla též dávka P₂O₅ dělena na zásobní k okopání a na další každoročně před setím, na kombinaci 5 bylo celou dávkou hnojeno pouze zásobně k okopání (zařazeny v r. 1961).

i při srovnání absolutních hodnot obsahu organické P₂O₅. Také celkový obsah P₂O₅ byl ve spodině kulturnějších půd vyšší, zatímco u méně kulturních půd byl ve spodině stejný, popř. nižší než v ornici (tabulka III).

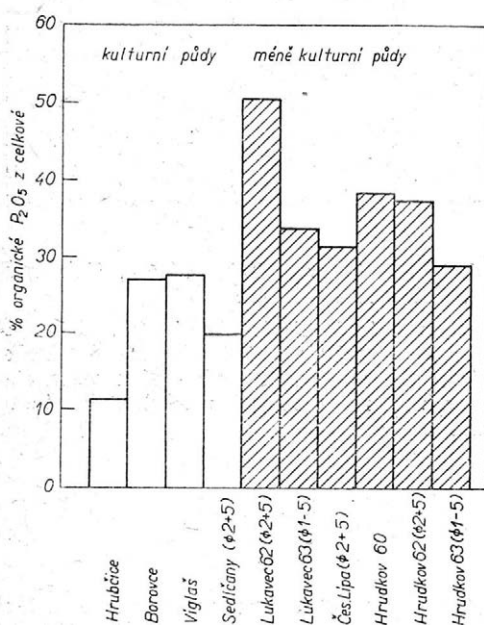
Souvislost stupně zkulturnění se změnami organického fosforu se projevila též v pokuse s víceletým fosforečným hnojením v Hrudkově, v němž došlo v průběhu let 1960 až 1963 k poklesu jak podílu organické P₂O₅ z celkové, tak přímo i k poklesu obsahu organické P₂O₅, a v obdobném pokuse v Lukavci, v němž se od r. 1962 do r. 1963 snížil podíl organické P₂O₅ z celkové (tabulka IV).

III. Srovnání obsahu celkové P_2O_5 (podle Chejfece) v ornici a spodině

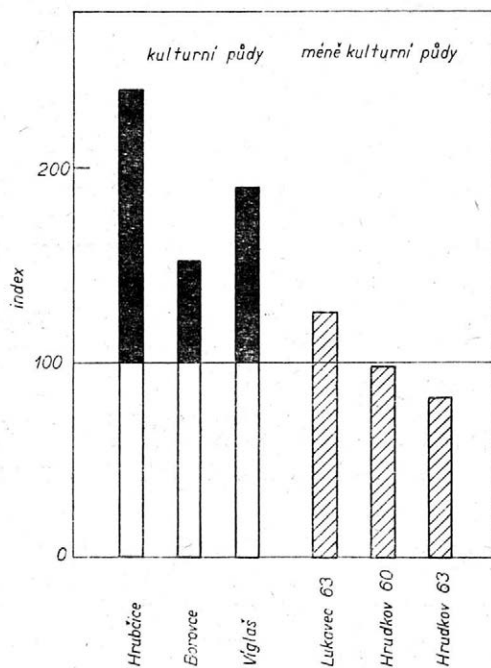
Stanoviště pokusu	Rok	Stupeň zkulturnění půdy	Obsah celkové P_2O_5 — mg/100 g	
			ornice	spodina
Borovce	1960	kulturní půdy	175	220
Hrubčice	1960		193	219
Vígláš	1960		142	204
Lukavec	1963	méně	247	248 (Ø 1–5)
Hrudkov	1960	Kulturní půdy	181	162
	1963		169	145 (Ø 1–5)

IV. Pokles obsahu organické P_2O_5 a jejího podílu z celkového obsahu v ornici v pokusech s víceletým fosforečným hnojením

Pokus	Org. P_2O_5 — mg/100 g			% z celkového obsahu P_2O_5		
	před zal. pokusu — 1960	kombinace č. 5 — 1962	kombinace č. 5 — 1963	před zal. pokusu — 1960	kombinace č. 5 — 1962	kombinace č. 5 — 1963
Hrudkov	70,1	56,7	43,1	38,7	36,3	25,0
Lukavec	—	90,7	96,0	—	45,4	39,1



1. Podíl organického fosforu z celkového obsahu P_2O_5 v ornici půd různého stupně zkulturnění



2. Relace mezi podílem organické P_2O_5 v ornici (= index 100) a ve spodině v půdách různého stupně zkulturnění

DISKUSE

Obsah organického fosforu stanovený Chejfecovou metodou a jeho podíl na celkovém obsahu v půdě se na sledovaných stanovištích pohyboval v rozmezí hodnot, které byly zjištěny v různých půdních a klimatických podmínkách (Bohne 1953, Jahn-Deesbach 1955, Kaila 1963 aj.). V půdách po více roků obdělávaných dochází zpravidla k poklesu obsahu organického fosforu ve srovnání s půdami neobdělávanými, jak o tom svědčí řada prací, které shrnují Black a Goring (1953) a Barrow (1961). Podle zjištění Kaila (1963) tvoří ve finských půdách podíl organické P_2O_5 asi $1/3$ v obdělávaných půdách a až $1/2$ v panenských půdách. Toto zjištění podporuje i náš poznatek, že v ornici půd vyššího stupně zkulturnění byl nalezený podíl organické P_2O_5 z celkové nižší (od 11,4 do 27,4 %) než v půdách méně kulturních (od 29,3 do 50,5 %). Protože se tento rozdíl projevil jen v ornici a nikoliv již ve spodině, odlišovaly se půdy různého stupně zkulturnění také relací mezi podílem organické P_2O_5 v ornici a spodině: zatímco organický fosfor ve spodině kulturnějších půd výrazně převyšoval množství zjištěné v ornici, množství organického fosforu ve spodině méně kulturních půd se od množství zjištěného v ornici příliš neodlišovalo.

SOUHRN

1. Obsah organického fosforu stanovený metodou Chejfecovou v půdách sedmi stanovišť dlouhodobých polních pokusů s fosforečným hnojením kolísal od 22,1 do 128,0 mg P_2O_5 na 100 g půdy a tvořil 11,4- až 55,3procentní podíl z celkového obsahu P_2O_5 v půdě.

2. Podíl organického fosforu z celkového obsahu P_2O_5 v ornici byl nižší u kulturních půd (černozem, zkulturněná illimerizovaná půda, nivní půda) než v ornici málo kulturních půd (hnědá půda, illimerizovaná půda a oglejená půda).

3. Podíl organického fosforu z celkového obsahu P_2O_5 ve spodině kulturních půd výrazně převyšoval podíl zjištěný v ornici, zatímco v půdách méně kulturních nebylo mezi podílem zjištěným ve spodině a ornici podstatných rozdílů.

Došlo dne 19. 7. 1966

Literatura

1. BARROW, N. J.: Phosphorus in soil organic matter. = „Soils and Fertilizers“, 1961, č. 24, s. 169-173. — 2. BLACK, C. A. - GORING, C. A.: Organic phosphorus in soils. = In: Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. Agronomy, a series of monographs - IV. N. York, 1953. — 3. BOHNE, H.: Über den Gehalt einiger Böden an organischem Phosphor. = „Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde“, Bd. 62 (107), 1953, Heft 2, s. 97-107. — 4. BUCKMAN, O. - BRADY, N. C.: The nature and properties of soils. N. York, 1957. — 5. HAMPL, J. - MARKO, A.: Presnejšie stanovenie prístupnej kyseliny fosforečnej v pôde ako podklad pre určenie dávky superfosfátu. = „Sborník VŠP“, Nitra, 1964, č. 10, s. 149-154. — 6. HOFMANN, E. - TEICHER, K.: Über die verschiedenen Formen der Phosphorsäure in den Böden von langjährigen Felddüngungsversuchen. = „Die Phosphorsäure“, 24, 1964, č. 5/6, s. 319-335. — 7. CHEJFEC, D. M.: Metodika opredelenija i soděržanija mineralnych i organičeskich sojedinenij fosfora v nekotorych počvach Sovětskovo Sojuza. = „Počvovėdėnija“, 1948, s. 100-112. — 8. JAHN-DEESBACH, W.: Über den Gehalt der Böden an organisch gebundener Phosphorsäure und deren Wert für die Pflanze. = „Die Phosphorsäure“, 1955, č. 15, s. 197-202. — 9. KAILA, A.: Organic phosphorus in Finnish soils. = „Soil Science“, 95, 1963, č. 1, s. 38-44. — 10. SEMB, G. - UHLEN, G.: (1955) - podle HAMPL, MARKO 1964.

Содержание органического фосфора в почвах многолетних полевых опытов

Содержание органического фосфора, определенное методом Хейфеца в почвах 7 место-произрастаний многолетних полевых опытов с фосфорным удобрением, колебалось от 22,1 до 128,0 мг P_2O_5 на 100 г почвы и составляло 11,4–55,3 процентной доли из валового содержания P_2O_5 в почве.

Доля органического фосфора из валового содержания P_2O_5 в пахотном слое была более низкой у культурных почв (чернозем, окультуренная илилмеризованная почва, пойменная почва), чем у пахотного слоя малокультурных почв (бурая почва, илилмеризованная почва и оглеенная почва).

Доля органического фосфора из валового P_2O_5 в нижних слоях культурных почв резко резко превышала долю, определенную в пахотном слое, в то время как в менее культурных почвах между долями, установленными в нижних слоях и в пахотном слое, не было существенных различий.

Текст к таблицам

- I. Характеристика почвенно-климатических условий местопроизрастаний многолетних полевых опытов
- II. Содержание органического фосфора в пахотном слое и нижних слоях и его доля из валового содержания в почвах многолетних опытов
- III. Сравнение содержания общего P_2O_5 (по Хейфецу) в пахотном и нижнем слоях
- IV. Понижение содержания P_2O_5 и его доли из валового содержания в пахотном слое в опытах с многолетним фосфорным удобрением

Текст к рисункам

1. Доля органического фосфора из валового содержания P_2O_5 в пахотном слое почв разной степени окультуривания
2. Отношение между долей органического P_2O_5 в пахотном слое (= индекс 100) и в подпахотном слое в почвах разной степени окультуривания

The Organic Phosphorus Content in Soils of the Long-term Field Trials

The organic phosphorus content estimated by means of Chejfec's method in the soils of seven long-term field experiments with phosphoric fertilization fluctuated between 22.1 and 128.0 mg of P_2O_5 per 100 g of soil and formed a 11.4 to 55.3 % share in the total P_2O_5 content in the soil.

The share of organic phosphorus in the total P_2O_5 content in the topsoil was lower in cultural soils (chernozem soils, cultured illimerized soil, alluvial soil) than in the topsoil of less cultured soils (grey-brown podzolic soil, illimerized, and pseudo-gley soil).

The share of organic phosphorus in the total P_2O_5 in the subsoil of cultural soils distinctly exceeded the proportion ascertained in the topsoil, whereas in less cultured soils there were no substantial differences in the proportions estimated in the subsoil and in the topsoil.

Text to the tables

- I. Characteristic of the soil-climatic conditions in the localities of long-term field experiments
- II. The organic phosphorus content in the topsoil and in the subsoil and its share in the total content in soils of the long-term experiments
- III. Comparison of the total P_2O_5 content (according to Chejfec) in topsoil and in the subsoil
- IV. Decrease of the organic P_2O_5 content and of its share in the total content in the topsoil in experiments with several years' phosphoric fertilizing

Text to the figures

1. The share of organic phosphorus in the total P_2O_5 content in the topsoil of soils of different degree of cultivation
2. The relation between the share of organic P_2O_5 in the topsoil (= index 100) and in the subsoil of soils with different degrees of cultivation

Der Gehalt an organischem Phosphor in Böden der Felddauerdüngungsversuche

Der Gehalt an organischem Phosphor wurde in Böden von sieben Standorten der Felddauerdüngungsversuche mit Phosphordüngung mittels der Methoden nach Chejfec bestimmt; dieser Gehalt schwankte von 22,1 bis 128,80 mg je 100 g Boden und bildete einen 11,4 bis 55,3prozentigen Anteil des Gesamtgehaltes an P_2O_5 im Boden.

Der Anteil an organischem Phosphor vom gesamten P_2O_5 – Gehalt der Ackerkrume war bei Kulturböden (Schwarzerde, kultivierte Fahlerde, Auenboden) niedriger als in der Ackerkrume der wenig kultivierten Böden (Parabranerde, Fahlerde und Fahlerde mit verschiedenem Vergleichungsgrad).

Der Anteil an organischem Phosphor vom gesamten P_2O_5 im Unterboden der Kulturböden überschritt bedeutend den in der Ackerkrume bestimmten Anteil, während bei weniger kultivierten Böden zwischen dem Anteil im Unterboden und in der Ackerkrume keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden konnten.

Text zu den Tafeln

- I. Charakteristik der boden-klimatischen Bedingungen der Standorte Felddauerdüngungsversuche
- II. Gehalt an organischem Phosphor in der Ackerkrume und im Unterboden und sein Anteil vom Gesamtgehalt in Böden der Dauerdüngungsversuche
- III. Vergleich des Gehaltes an gesamten P_2O_5 (nach Chejfec) in der Ackerkrume und im Unterboden
- IV. Herabsetzung des Gehaltes an organischem P_2O_5 und seines Anteils vom Gesamtgehalt in der Ackerkrume bei Versuchen mit mehrjähriger Phosphordüngung

Text zu den Abbildungen

1. Anteil an organischem Phosphor vom gesamten P_2O_5 – Gehalt der Ackerkrume bei Böden von verschiedenem Kulturzustand
2. Relation zwischen dem Anteil an organischem P_2O_5 in der Ackerkrume (= Index 100) und im Untergrund bei Böden von verschiedenem Kulturzustand

Teneur en phosphore organique dans les sols destinés à des essais de plein champ de longue durée

La teneur en phosphore organique déterminée par la méthode de Chejfec dans les sols de sept stations destinés aux essais de plein champ de longue durée avec la fumure phosphatée, variait de 22,1 à 128, mg de P_2O_5 par 100 g de sol, formant une proportion de 11,4 à 55,3 p. 100 sur la teneur totale de P_2O_5 dans le sol.

La proportion de phosphore organique sur la teneur totale de P_2O_5 dans la terre arable était inférieure dans les sols cultivés (chernozem, sol brun lessivé cultivé, sols alluviaux) que dans le terre arable des sols peu cultivés (sol brun, sol lessivé, sol pseudogley lessivé).

La proportion en phosphore organique sur P_2O_5 total dans le sous-sol des sols cultivés surpassait considérablement la proportion vérifiée dans la terre arable, tandis que dans les sols moins bien cultivés on n'a pas trouvé de différences notables entre la proportion constatée dans le sous-sol et dans la terre arable.

Texte des tableaux

- I. Caractéristique des conditions de sol et climatiques des stations destinées à des essais de plein champ de longue durée
- II. Teneur en phosphore organique dans la terre arable et le sous-sol et la proportion de sa teneur totale dans les sols destinés aux essais de longue durée

III. Comparaison de la teneur totale en P_2O_5 (d'après Chejfec) dans la terre arable et dans le sous-sol

IV. Diminution de la teneur en P_2O_5 organique et de sa proportion par rapport à sa teneur totale dans la terre arable, au cours des essais où l'on appliquait la fumure phosphatée pendant plusieurs années

Adresa autorů:

Ing. J. Baier, CSc., M. Smetánková, prom. biol., Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, oddělení soustavy hnojení, Praha - Ruzyně

■ Rozpustná fosforečná hnojiva aplikovaná do půdy jsou většinou v takové formě, která je v půdních podmínkách nestabilní. Velká většina se jich v půdě rozkládá (rozpouští, hydrolyzuje) a vytvářejí se sloučeniny nové, lépe přízpůsobené prostředí a vůči němu stálejší (Lehr a kol. 1958, 1959). Vznikají tak první reakční produkty hnojiv s půdou; i ty jsou však pouze metastabilní, neboť vzhledem k neustálé dynamice procesů v půdě dochází k vytváření dalších sloučenin, vždy lépe vyhovujících změněnému prostředí (Lindsay a kol. 1962). Z hlediska výživy rostlin fosforem jsou ovšem nejvýznamnější první reakční produkty hnojiv, neboť jejich další přeměna je již procesem mnohem pomalejším a naopak jejich vznik je pravděpodobně dosti rychlý, takže lze předpokládat, že rostliny přijímají fosfor hlavně z těchto reakčních produktů spíše než z hnojiv jako takových. Podrobnému studiu těchto produktů se věnoval zejména Lindsay a De Ment (1961), Lindsay a Taylor (1960), Taylor a kol. (1960) aj. a ve studiu se stále pokračuje. Pokud zmínění autoři provedli vegetační pokusy, ukázalo se, že přijatelnost těchto produktů pro rostlinu je velmi rozdílná. V naší práci (Pírk a kol. 1965) jsme zkoušeli jako zdroj fosforu pro rostliny koloidní fosforečnan hlinitý, o kterém lze předpokládat, že je jedním z hlavních reakčních produktů hnojiv na kyselých a neutrálních půdách. Rostliny využívaly fosfor z tohoto zdroje velmi dobře.

Izolace, popřípadě syntéza jednotlivých reakčních produktů, jejich zkoušení, studium podmínek jejich vzniku, zhodnocení jejich vzájemného poměru za určitých podmínek vzniku, to představuje metodicky, časově i pracovní velmi náročnou práci. Přitom je hodnocena pouze ta část fosforu z hnojiva, která přechází do těchto definovaných sloučenin-reakčních produktů a je zanedbávána ta část fosforu z hnojiva, která je při reakcích s půdou vázána chemisorpcí (např. na $\text{Al}(\text{OH})_3$, CaCO_3). Je možno předpokládat, že i tento podíl fosforu je pro výživu rostlin důležitý.

V práci jsme pro hodnocení reakcí hnojiv s půdou sledovali změny v obsahu frakcí půdního fosforu pomocí metody Changa a Jacksona (1957). Touto metodou dosáhneme pouze hrubého rozlišení mezi druhem vazby fosforu v půdě, ale zachytíme rozložení celkového P mezi hlavní „fixátory“ fosforu v půdě: železo, hliník a vápník, a to jak formy sorbované, tak vysrážené. Rozložení těchto frakcí v půdě je závislé na aktivitě vodíkových iontů, jak jsme prokázali jinde (Pírk, Novozámský 1966). V předkládané práci se zabýváme rozložením fosforu ze superfosfátu, dikalciumfosfátu a mletého fosfátu mezi tyto frakce.

MATERIÁL A METODIKA

Pro sledování změn v obsahu frakcí půdního fosforu a tím pro zjištění přeměn dodaných fosforečných hnojiv v půdě jsme odebírali půdní vzorky z několika polních

výživářských pokusů, které byly založeny na půdách s rozdílnými agrochemickými vlastnostmi.

Dva z nich byly dlouhodobé stacionární pokusy na hnědozemí v Ruzyni a na hnědé půdě ve Stříbře. Oba pokusy měly stejné kombinace hnojení, jejichž označení a způsob hnojení uvádí následující tabulka I.

I. Dlouholeté stacionární pokusy na hnědozemí

Způsob hnojení	Označení kombinací při hnojení	
	každoročním	zásobním na 8 let
0	x	
NK	100	
NK + superfosfát	201	208
NK + dikalciumfosfát	301	308
NK + mletý fosfát	401	408

Další půdní vzorky pocházely z pokusů založených pro úkoly řešené ing. Janem Baierem, CSc. na pokusných bázích v Hrudkově, Borovcích, Víglaši a Lukavci. Kombinace hnojení, z nichž jsme odebírali vzorky, měly následující označení:

II. Označení kombinace hnojení

Způsob hnojení	Označení kombinace
0	1
NK	2
NK + superfosfát každoročně	3
NK + superfosfát na 3 roky	5

V pokuse použité půdy mají své charakteristiky uvedeny v tabulce III.

III. Hodnoty průměrných vzorků, podrobených analýze

Pokusné místo	Půdní typ	pH vým.	Obsah karbonátů %	Obsah P ₂ O ₅ celkový
Borovce	degradovaná černozem	7,2	stopy	219
Ruzyně	hnědozem	7,4	0,85	181
Stříbro	hnědá půda	5,2	0	160
Lukavec	hnědá půda	5,9	0,02	249
Hrudkov	illimerizovaná půda oglejená	5,0	0	167
Víglaš	illimerizovaná půda oglejená	6,38	—	164

Veškeré údaje až na pH a obsah karbonátů a humusu jsou vyjádřeny v mg/100 g

Ze všech zde uvedených polních pokusů byly odebrány vzorky půd ornice z 8 míst jednotlivých kombinací hnojení. Odběr byl prováděn sondýrkou. Před založením pokusu a ještě v některých mimořádných případech se odebíraly půdní vzorky i z podorničí.

U takto odebraných průměrných vzorků byly provedeny analýzy na hodnoty uvedené v tabulce III a dále byla provedena frakcionace půdního fosforu metodou Chang-Jacksonovou.

Výsledky frakcionace jsou pro větší názornost přehledně uvedeny v grafech 1–13, a to jednak v absolutním množství fosforu v jednotlivých frakcích, jednak v procentech z celkového množství fosforu v mobilních frakcích.

DISKUSE VÝSLEDKŮ

A. REAKCE SUPERFOSFÁTU S PŮDOU

Reakce superfosfátu v půdě jsou určeny vlastnostmi monokalciumpfosfátu (MCP), který je hlavní složkou tohoto hnojiva.

MCP je hygroskopický, takže při vnesení superfosfátu do půdy nastává pohyb vody v půdě směrem k částicám superfosfátu. Je dále lehce rozpustný ve vodě, takže rychlost rozpouštění v půdě je více otázkou rychlosti, s jakou se přivádí voda, než rychlostí rozpouštění.

Třetí podstatnou vlastností MCP je jeho kyselá reakce. Nasycený roztok MCP má pH kolem 2. Kyselá reakce spuerfosfátu se ještě zvyšuje přítomností volné kyseliny fosforečné a klesá až na pH 1,5.

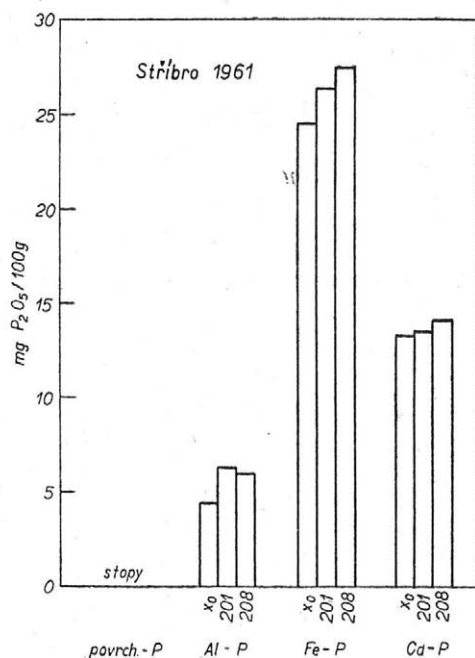
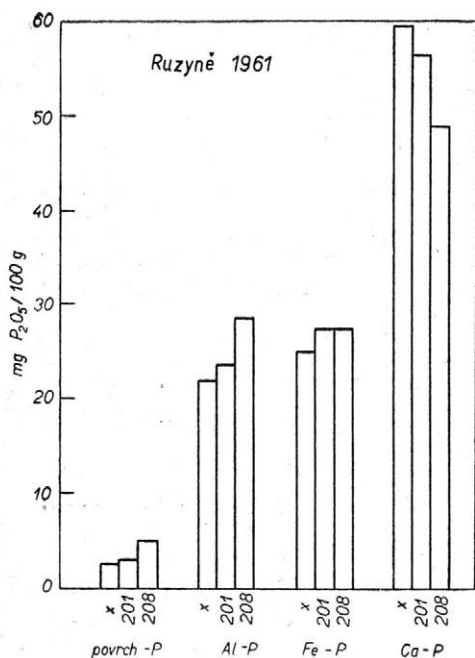
V našich pokusných podmínkách, kdy jsme zvláště při zásobním hnojení používali dávky 150–380 kg P_2O_5 na hektar, nejsou v mnohých případech reakční podmínky superfosfátu diktovány jen půdou, ale někdy do značné míry kyselým roztokem monokalciumpfosfátu. V reakční zóně kolem částice superfosfátu se půda hluboce mění. Snížením pH uvolněné vodíkové ionty vytěsňují výměnné kationty a rozpouštějí se některé těžce rozpustné soli. Roztok monokalciumpfosfátu se obohacuje o kationty Ca^{2+} , K^+ , Fe^{3+} , Al^{3+} za současného vzestupu pH. Může tedy dojít k vytváření různých sloučenin fosforu, které mohou obohacovat vedle železa a hliníku i vodík, draslík a vápník, a které se vytvářejí a jsou stále v kyselém prostředí. Nízké pH a volná kyselina fosforečná vzniklá hydrolyzou monokalciumpfosfátu na dikalciumfosfát, který zůstává na místě aplikace, to jsou

Obsah humusu %	P_2O_5 – frakcionace podle Chang – Jakcsona				Výluh 20 % HCl			
	NH_4Cl	NH_4F	NaOH	H_2SO_4	SiO_2	MgO	CaO	R_2O_3
1,55	stopy	10	6	41	—	740	610	—
2,08	4	21	19	61	270	247	1569	8 260
2,15	stopy	28	35	17	144	209	290	8 470
	3	13	43	18	268	1129	175	10 130
1,86	stopy	18	31	13	188	435	840	6 119
1,44	stopy	7	23	9	—	420	500	—

půdy.

podmínky v okolí částčky hnojiva, nesporně příznivé pro tvorbu různých sloučenin fosforu s převážně železitými a hlinitými ionty. Že je tato reakce pro superfosfát skutečně charakteristická, dokazuje to, že na všech našich pokusných půdách, bez ohledu na typ, pH, obsah vápníku, karbonátů, železa a hliníku (graf 1, 2, 3, 4, 5, 6) docházelo po aplikaci superfosfátu k vzestupu Al, Fe-fractione, v některých případech doprovázenému i poklesem Ca-fractione z půdní zásoby, např. na písčitolhinité hnědé půdě s pH_{KCl} kolem 6 v Lukavci (graf 6), na mírně karbonátové hnědozemí v Ruzyni pH_{KCl} 7,6 (graf 1).

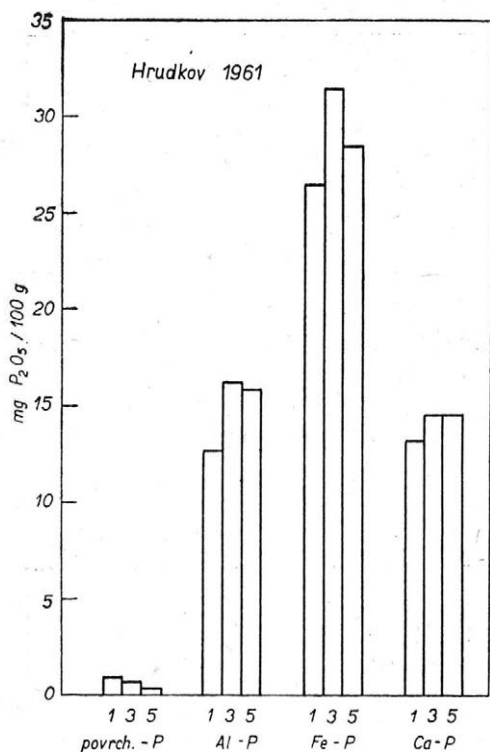
Představiteli alkalických půd jsou v našem případě (karbonátová) degradovaná černoze v Borovcích (pH_{KCl} kolem 7,0) a již zmíněná hnědozem ruzyňská. V Ruzyni byl procentický podíl frakce fosforu vázaného na železo a hliník celkem vyrovnaný a činil 40 % Al, Fe-P frakce a 60 % Ca-P frakce. V Borovcích, vzhledem k vyšší koncentraci vápníku, bylo vápenaté frakce již 75 % a frakce Al, Fe 25 %. Vliv aplikace superfosfátu na změnu tohoto procentického rozložení je ukázán v grafu 7 pro ruzyňskou půdu a v grafu 8 pro půdu z Borovců. U ruzyňské půdy je vidět stále se opakující zvyšování Al, Fe-fractione po každoroční aplikaci superfosfátu (kombinace 201). Na grafu 8 jsou uvedeny hodnoty z posledního roku pokusu v Borovcích; současně je čárkovaně ukázáno rozložení frakcí v hloubce 20–40 cm a vliv hnojení v této hloubce. Je vidět zvýšení Al, Fe-fractione na kombinaci hnojené každoročně (č. 3) proti kontrole (hnojení NK, č. 2). Na kombinaci č. 5, zásobně hnojené v roce 1961, je pokles zastoupení Ca-fractione v povrchové vrstvě ještě výraznější, ve vrstvě 20–40 cm však již dochází k opětovnému vzestupu zastoupení této frakce.



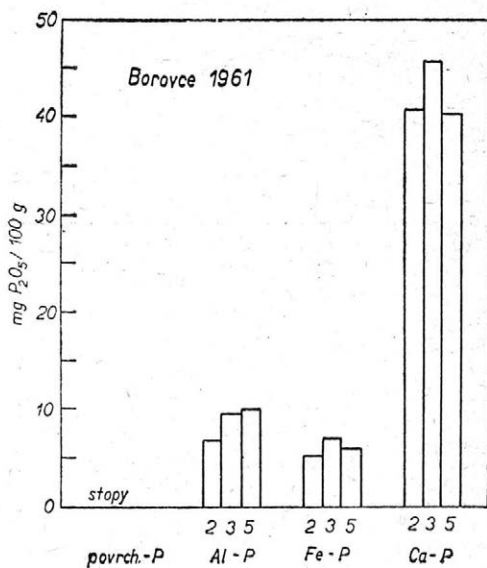
1.

2.

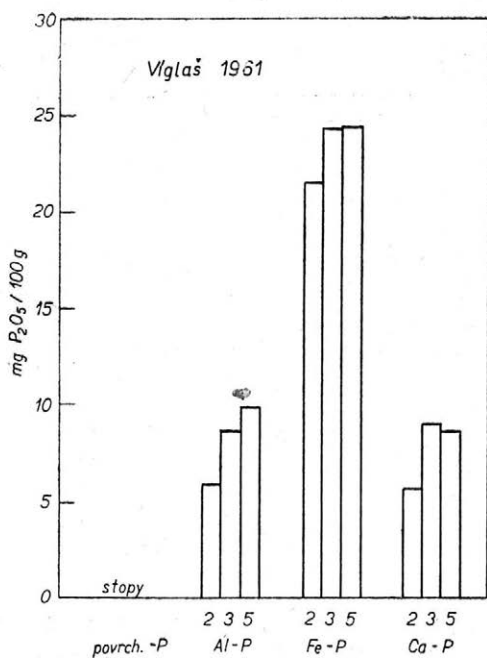
1.–6. Rozdělení frakcí půdního fosforu na kombinacích hnojených superfosfátem ve srovnání s kombinací nehnojenou (v mg $\text{P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ půdy)



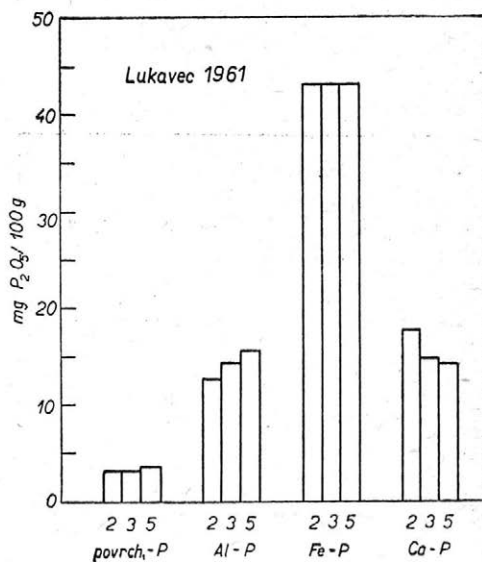
3.



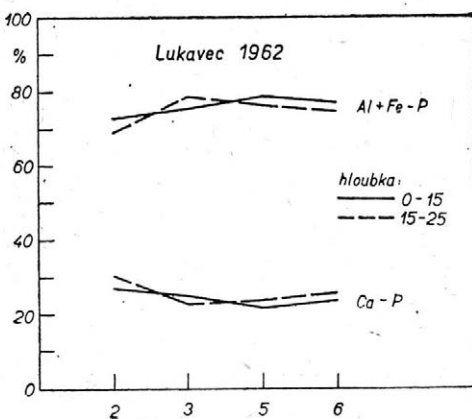
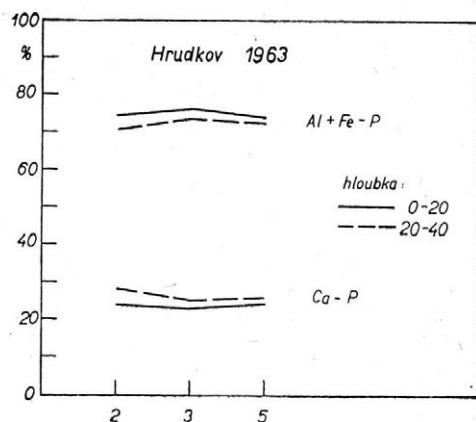
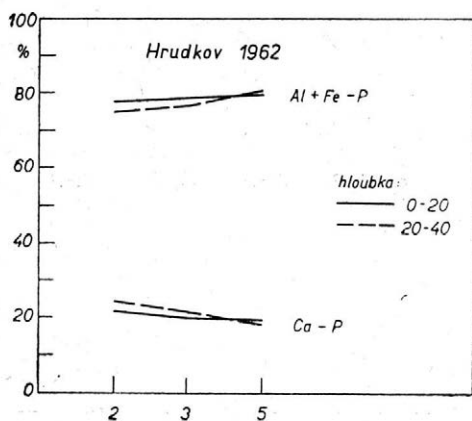
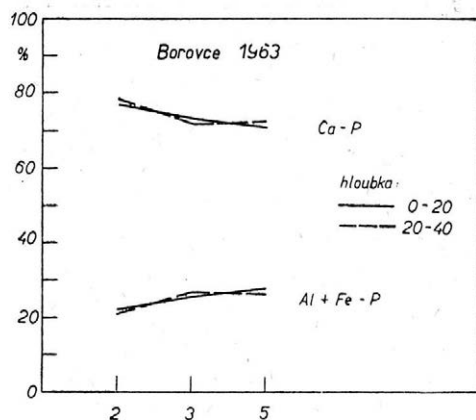
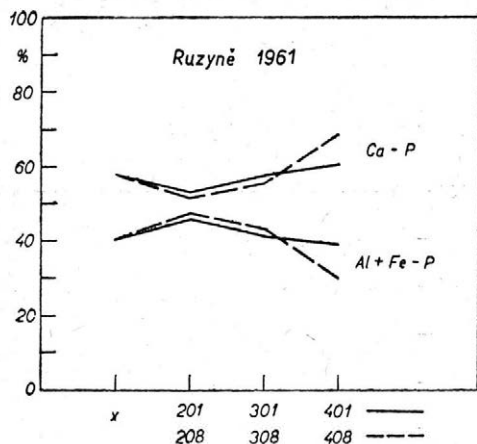
4.



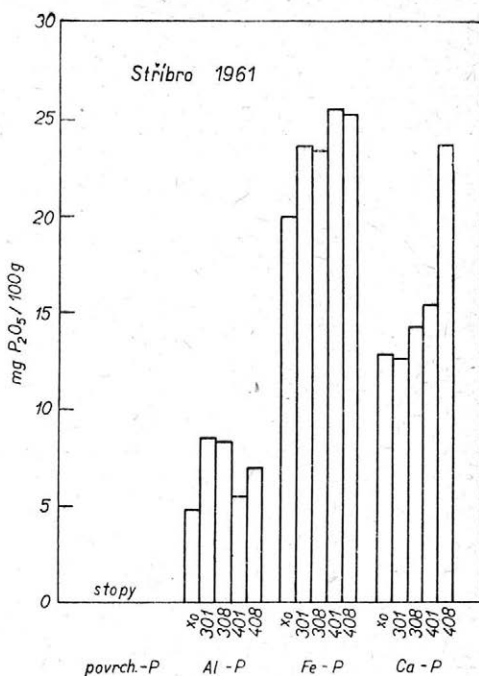
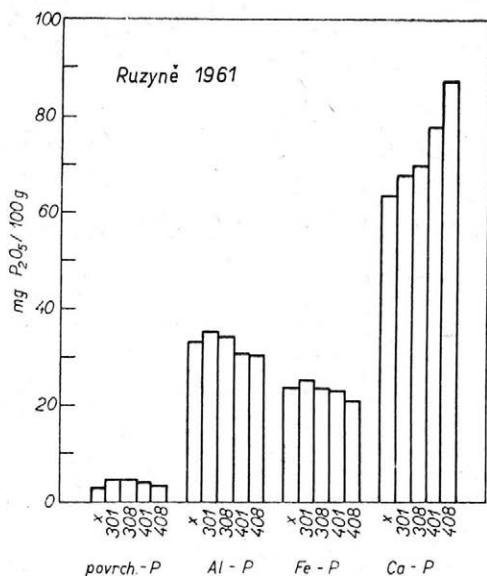
5.



6.



7.-11. Procentické zastoupení fosfátů vápenatých a sumy fosfátu železa a hliníku na jednotlivých kombinacích hnojení



12.

13.

12.—13. Rozdělení frakcí půdního fosforu na kombinacích hnojených dikalcium-fosfátem a mletým fosfátem ve srovnání s kombinací nehnojenou (v mg P₂O₅/100 g půdy)

Kyselé a mírně kyselé půdy jsou v našem případě reprezentovány jílovito-hlinitou hnědou půdou s pH_{KCl} kolem 5,5 ve Stříbře, již zmíněná půda v Lukavci, hlinitá illimerizovaná půda oglejená pK_{KCl} kolem 6,0 ve Víglaši a hlinitá illimerizovaná půda oglejená pH_{KCl} kolem 4,8 v Hrudkově. Na těchto půdách je zastoupení fosforu ve frakci vázané hlinitými a železitými ionty vysoké, 70–80 %. Z toho důvodu se někdy další malé zvýšení této frakce analyticky těžko zachytí. Na stříbrské půdě je zvyšování obsahu fosforu, zejména u Fe-P frakce dobře patrné z grafu 2 a podobně na půdě z Víglaše (graf 5), kde dochází ke zvýšení Al-P a Fe-P frakce. U půd z Hrudkova a Lukavce je obdobně jako u půdy z Borovců ukázán vliv hnojení na rozložení frakcí fosforu v podorníční vrstvě (grafy 9–11). V Hrudkově je patrné silnější působení zásobní dávky (kombinace č. 5) na podorníči, kdy teprve posledním rokem (graf 10) pokusu dochází opět k mírnému posunu rozložení frakcí směrem k původním hodnotám a projevuje se opět celkově vyšší zastoupení Ca-frakce v podorníči. V Lukavci (graf 11) je podorníční vrstva charakterizována značně vyšším obsahem vápníku a vyšším pH. Patrně z toho důvodu se zásobní hnojení (kombinace č. 5) na konci pokusu projevuje menším vzestupem Al, Fe-frakce než při každoročním hnojení. Průběh rozložení frakcí fosforu v orniční vrstvě je obdobný jako u ostatních kyselých a mírně kyselých půd.

Z uvedeného je zřejmé, že po aplikaci superfosfátu do půdy vznikají tři hlavní reakční produkty: dikalciumfosfát jako přímý produkt hydrolýzy monokalciumfosfátu a fosforečnany železa a hliníku; plyne z toho, že rostliny nejsou vyživovány fosforem z aplikovaného monokalciumfosfátu, ale z těchto produktů,

jejichž přetrvávání v půdě a další osud závisí na vlastnostech té které půdy. Z praktického hlediska to znamená, že „vodorozpustnost“ fosforečného hnojiva není ještě důkazem jeho vysoké efektivity; jeho efektivnost bude určována teprve jeho reakčními produkty v půdě.

B. REAKCE DIKALCIUMFOSFÁTU S PŮDOU

Z dikalciumfosfátu vzniká podle podmínek (pH, koncentrace P a Ca) v půdě hydroxylapatit a oktokalciumtostát. Ovšem i oxidy železa a hlavně hliníku se aktivně podílejí na odstraňování fosforu z roztoku, a to i při pH 7. V případě železa jde snad o rychlý proces na povrchu částecy kysličníku, jehož výsledkem je vytvoření filmu amorfního fosforečnanu železitého na povrchu částic oxidu. Z grafu č. 12 je vidět, že skutečně i na hnědozemí v Ruzyni s pH kolem 7,4 docnází u dikalciumtostátu (komb. č. 301 a 308) proti kombinaci nehnojené (x) k zvyšování frakcí tostátu vázaného na hliník a železo. Vyrazněji ovšem na kombinaci hnojené zásobně (308) než na kombinaci hnojené každoročně (301). Je zajímavé, že po zapravení zásobní dávky dikalciumtostátu je zvýšení proti parcele nennojené větší ve frakci tostátu hlinitého a částečně i železitého než ve frakci fosfátů vápenatých, kde jsme na ruzynské půdě převážnou část dikalciumfosfátu očekávali.

Na kyselé půdě ve Stříbře celkem oprávněně vznikají z dikalciumfosfátu převážně fosfáty hlinité a železité a jen nepatrně se zvyšují fosfáty vápenaté. Na této půdě se dikalciumfosfát chová obdobně jako superfosfát (graf 13).

C. REAKCE MLETÉHO FOSFÁTU

Hlavní složkou tohoto hnojiva je apatit. Uvážíme-li, že apatity (ať již hydroxy-, fluor-, či karbonát-apatity) jsou pokládány za konečný produkt retrogradace fosforu ve vápenatých půdách, je pochopitelné, že nemůže v neutrální půdě dojít prakticky k žádné přeměně. Dominujícím faktorem jeho reakcí je půdní pH, které ovlivňuje jeho rozpustnost. V ruzynské půdě, jejíž hodnota pH je v okolí 7, jsou apatity vysoce nerozpustné a zůstávají v půdě v nerozloženém stavu, jak je patrné z grafu 12, kde na parcelách hnojených mletým fosfátem dochází ke zvýšení obsahu v Ca-frakci, zatímco Al a Fe-frakce zůstávají beze změny. Pouze činností mikroorganismů, působením komplexotvorných látek nebo v oblastech s lokálním okyselením (např. kořenovými exkrekty) může dojít a během doby dochází k jejich částečnému zapojení do dynamiky půdního fosforu.

Na kyselé půdě stříbrské přes velké zvýšení Ca-frakce půdního fosfátu dochází však působením vodíkových iontů na apatit k jeho částečnému rozkladu, uvolnění fosforečnanových iontů a k jejich vazbě na bohatě se v půdě nacházející oxidy i volné ionty trojmocného železa a hliníku. Proto při frakcionaci půdního fosforu nacházíme vzestup i frakce Al a Fe (viz graf 13).

Z popsaných reakcí jednotlivých fosforečných hnojiv v půdě vyplývá, že méně rozpustné formy hnojiv je vhodné použít na půdách, které svými vlastnostmi mohou působit na rozpuštění hnojiva. Roztok hnojiva se může v půdě pohybovat a reagovat s půdními ionty za vzniku nových fosforečných sloučenin, které většinou v první fázi mají koloidní formu a tím zaujímají velký povrch. Rostlina může potom přijímat fosfor jednak z pohyblivého roztoku, nebo kontaktním příjmem z těchto koloidních sloučenin. Dá se tedy předpokládat, že využití P_2O_5 z hnojiva, které vstupuje s půdou snadno do reakce, bude vyšší než z hnojiva, které s půdou nereaguje.

Na vzorcích odebraných z polních výživářských pokusů s různými dávkami P_2O_5 a s různými formami hnojiv (superfosfát, dikalciumfosfát, mletý fosfát) na 6 půdách, u nichž se hodnota pH pohybovala od 5,0 do 7,4, byly sledovány změny v rozložení půdního fosforu do frakcí, způsobené druhem a dávkou hnojiva.

Došlo dne 5. 7. 1966

Literatura

1. CHANG, S. C. - JACKSON, M. L.: Fractionation of soil phosphorus. = „Soil Sci.“, 84, 1957, s. 133-144. — 2. LEHR, J. R. - BROWN, W. E.: Calcium phosphate fertilizers. II. A petrographic study of their alteration in soils. = „Soil. Sci. Soc. Am. Proc.“, 22, 1958, s. 29-32. — 3. LEHR, J. R. - BROWN, W. E. - BROWN, E. H.: Chemical behavior of monocalcium phosphate monohydrate in soils. = „Ibid.“, 23, 1959, s. 3-7. — 4. LINDSAY, W. L. - FRAZIER, A. W. - STEPHENSON, H. F.: Identification of reaction products from phosphate fertilizers in soil. = „Ibid.“, 26, 1962, s. 446-452. — 5. LINDSAY, W. L. - De MENT, J. D.: Effectiveness of some iron phosphates as sources of phosphorus for plants. = „Plant and Soil“, 14, 1961, s. 118-126. — 6. LINDSAY, W. L. - TAYLOR, A. W.: Phosphate reaction products in soil and their availability to plants. = „Trans. 7th Intern. Congr. Soil Sci.“, 3, 1960, s. 580-589. — 7. PIRKL, J. - NOVOZÁMSKÝ, I. - JEDLIČKA, J.: Aluminiumfosfát jako zdroj fosforu pro rostliny. = „Rostl. výroba“, 9, 1965, s. 937-944. — 8. PIRKL, J. - NOVOZÁMSKÝ, I.: Rozložení frakcí půdního fosforu v závislosti na pH půdy. = „Vědecké práce ÚVÚRV, Ruzyně“, 1966, v tisku. — 9. TAYLOR, A. W. - GURNEY, E. L. - LINDSAY, W. L.: An evaluation of some iron and aluminium phosphates as sources of phosphate for plants. = „Soil Sci.“, 90, 1960, s. 25-31.

Реакция фосфорных удобрений с почвой

I. Разложение фосфора из удобрений на фракции почвенного фосфора в полевых опытах

На образцах, отобранных из полевых опытов с разными дозами P_2O_5 и с разными видами удобрений (суперфосфат, диальцийфосфат, молотый фосфат) на 6 почвах, у которых значение pH колебалось между 5,0 и 7,4, изучались изменения в разложении почвенного фосфора на фракции, в зависимости от вида и дозы удобрения.

Текст к таблицам

I. Комбинация удобрений

II. Обозначение образцов

III. Анализы отобранных средних образцов

Текст к графикам

- 1.—6. Разделение фракций почвенного фосфора в комбинациях, удобряемых суперфосфатом, по сравнению с неудобренной комбинацией (в мг $P_2O_5/100$ г почвы)
- 7.—11. Процентная доля известковых фосфатов и суммы фосфатов железа и алюминия в отдельных комбинациях удобрения
- 12.—13. Разделение фракций почвенного фосфора в комбинациях, удобряемых диальцийфосфатом и молотым фосфатом по сравнению с неудобренной комбинацией (в мг $P_2O_5/100$ г почвы)

Reaction of Phosphate Fertilizers with the Soil

I. Distribution of Phosphorus from Fertilizers into Fractions of the Soil Phosphorus in Field Experiments

On samples taken from field experiments with various doses of P_2O_5 and with various fertilizer forms (superphosphate, dicalcium phosphate, ground phosphate) on 6 soils, on which the pH value varied between 5.0 and 7.4, the authors investigated

the changes in the distribution of soil phosphorus into fractions, brought about by the kind and dose of the fertilizer.

Text to the tables

- I. Combinations of fertilizing
- II. Marking of samples
- III. Analyses of average samples taken

Text to graphs

- 1.—6. Distribution of the fractions of soil phosphorus on combinations fertilized with superphosphate in comparison with unfertilized combinations (in mg of P_2O_5 /100 g of soil)
- 7.—11. Percentual representation of calcium phosphates and sums of iron and aluminium phosphates
- 12.—13. Distribution of fractions of soil phosphorus on combinations fertilized with dicalcium phosphate and ground phosphate in comparison with unfertilized combinations (in mg of P_2O_5 /100 g of soil)

Die Reaktion der Phosphordünger mit dem Boden

I. Die Zersetzung des Phosphors aus den Düngern in Fraktionen des Bodenphosphors bei Feldversuchen

Man verfolgte die Veränderungen der Zersetzung von Bodenphosphor in Fraktionen, die durch die Art und Gabe des Düngers verursacht wurden; diese Beobachtung geschah an Proben, die von Feldversuchen mit verschiedenen P_2O_5 Gaben und mit verschiedenen Düngerformen (Superphosphat, Dikalziumphosphat, gemahlenes Phosphat) entnommen wurden, u. zw. an 6 Böden, bei denen sich der pH-Wert von 5,0 bis 7,4 bewegte.

Text zu den Tafeln

- I. Düngungskombination
- II. Bezeichnung der Proben
- III. Analyse der entnommenen Durchschnittsproben

Text zu den graphischen Darstellungen

- 1.—6. Verteilung der Bodenphosphor-Fraktionen bei den mit Superphosphat gedüngten Kombinationen im Vergleich mit der ungedüngten Kombination (in mg P_2O_5 /100 g Boden)
- 7.—11. Prozentische Vertretung der Kalziumphosphate und Summen der Phosphate des Eisens und Aluminiums bei den einzelnen Düngungskombinationen
- 12.—13. Verteilung der Bodensphosphor-Fraktionen bei den mit Dikalziumphosphat und gemahlenem Phosphat gedüngten Kombinationen, im Vergleich mit der ungedüngten Kombination (in mg P_2O_5 /100 g Boden)

Adresa autorů:

RNDr. Jiří Pírk a Ivo Novozámský, prom. chemik, Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

■ V předcházejícím sdělení (Pírk, Novozámský 1966) byly diskutovány změny v rozložení frakcí půdního fosforu způsobené aplikací různých dávek hlavních typů fosforečných hnojiv v přesných polních pokusech na šesti různých půdách. Získané závěry velmi dobře souhlasí s výsledky jiných autorů, pokud se podobnými otázkami zabývali (Kaila 1961 a, b, 1963, Fiskell a Spencer 1964 aj.). Nezodpovězenou nám však zůstala otázka rychlosti prvotní reakce hnojiv s půdou, tj. rychlosti rozložení ve hnojivu obsaženého fosforu do jednotlivých frakcí v půdě. Z hlediska výživy rostlin je to otázka velké důležitosti, neboť právě tato prvotní reakce vytváří vlastní živné prostředí pro rostliny, které, jak vyplývá ze srovnání výsledků z předchozího sdělení a z výsledků, o kterých bude diskutováno v této práci, je již značně stálé.

Z údajů literatury lze soudit, že reakce superfosfátu s půdou je proces velmi rychlý (Lehr, Brown, Brown 1959 aj.), naproti tomu ale reakce dikalciumfosfátu s půdou je proces velmi pomalý a dikalciumfosfát v půdě dlouho přetrvává (Moreno a kol. 1960). Z hlediska významu pro praxi jsme v našich pokusech hodnotili stav reakce fosforečných hnojiv s půdou po čtrnácti dnech po aplikaci hnojiva do půdy.

MATERIÁL A METODIKA

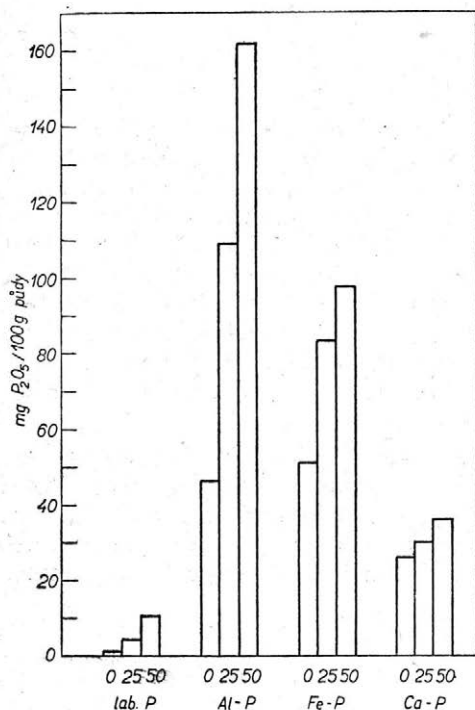
K pokusu byly použity tři zeminy s rozdílnou koncentrací vodíkových iontů — hnědozem z Ruzyně s pH_{KCl} 7,4, hnědá půda ze Stříbra s pH_{KCl} 5,2 a hnědá půda z Aše s pH_{KCl} 4,0. K aplikaci hnojiva byla u všech půd použita jemnozeme (propad sítem 2 mm). Použitá hnojiva byla komerční superfosfát s celkovým obsahem 21 % P_2O_5 , dikalciumfosfát ch. č. s obsahem 50,1 % P_2O_5 a Gafsa fosfát s obsahem 30,2 % P_2O_5 .

Z každého hnojiva byla navážena množství odpovídající 25 a 50 mg P_2O_5 , která byla smíchána vždy s 50 g jemnozeme použitých půd. Po promíchání bylo ke každé směsi přidáno 10 ml destilované vody (což odpovídalo přibližně 1/3 vodní kapacity), směs byla zatavena do igelitových sáčků a ponechána v termostatu při 20 °C. Po čtrnácti dnech byly vzorky vysušeny a provedena frakcionace metodou Chang a Jacksona (1957), pouze pro výluh „Al-fosfátů“ byla použita modifikace navržená Fifeem (1959), tj. k extrakci byl použit 0,5N NH_4F s pH 8,5.

DISKUSE VÝSLEDKŮ

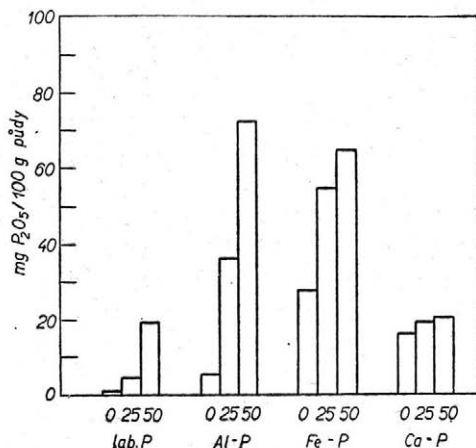
Výsledky frakcionace jsou přehledně uvedeny v grafech 1—9. V případě superfosfátu je na všech třech půdách vidět rozložení do frakcí typických pro superfosfát, tj. prakticky všechen aplikovaný fosfor nalézáme v R-frakcích. Potvrzuje se

tím velká rychlost reakce superfosfátu s půdou. Rozdíly mezi použitými půdami jsou ovšem v rozložení fosforu mezi první tři frakce. V případě poměrně alkalické půdy v Ruzyni zůstává velká část fosforu v NH_4Cl -rozpustné frakci, což svědčí o celkově snížené aktivitě Fe a Al iontů pevně vázat fosfor; současně frakce fosforu vázaného na Fe se změnila ve srovnání s Al-P frakcí celkem nepatrně, což opět potvrzuje malou schopnost železitých iontů aktivně vázat fosfor v této oblasti pH, jak již bylo ukázáno v pokusech sledujících rozložení fosforu mezi Al a Fe-frakce a stálost fosforečnanů železitých a hlinitých v závislosti na aktivitě vodíkových iontů. Se stoupající kyselostí použitých půd stoupá i množství fosforu vázaného železitými ionty a klesá množství fosforu rozpustného u NH_4Cl frakci.



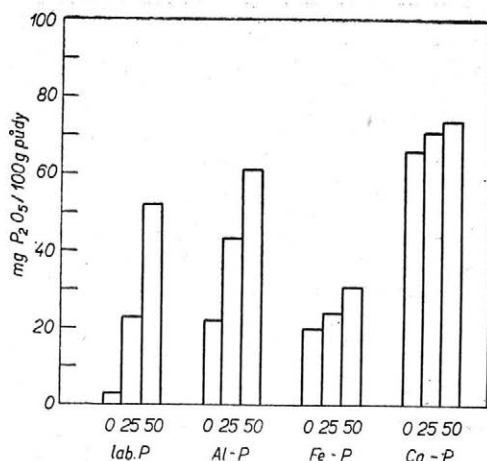
1.

1.—3. Ovlivnění frakcí půdního fosforu aplikací superfosfátu — půda z Aše, ze Stříbra a z Ruzyně



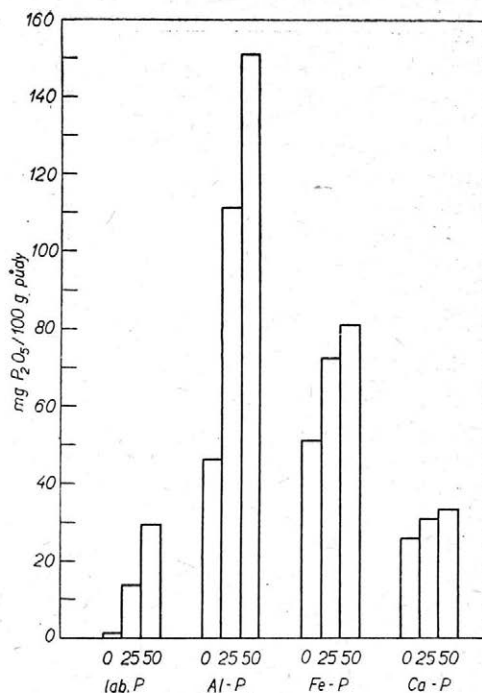
2.

V případě dikalciumfosfátu naše výsledky ukazují, že nelze zcela souhlasit s názorem, že dikalciumfosfát v půdě přetrvává velmi dlouho. Ve všech třech použitých půdách nacházíme aplikovaný fosfor z největší části v R-frakcích a jen malou část, zejména u Ruzyňské půdy, v Ca-P frakci; u Stříbrské půdy je vyšší obsah fosforu v Ca-P frakci pouze v případě vysoké dávky a v půdě z Aše je zvýšení obsahu u Ca-P frakci v obou případech velmi malé. Srovnání přírůstků v jednotlivých frakcích u obou použitých dávek hnojiva, zejména v případě Fe-P frakce, kdy u vyšší dávky je vždy přírůstek fosforu menší, než by odpovídal dvojnásobné dávce aplikovaného hnojiva, pak naznačuje, že reakce dikalciumfosfátu je pomalejší než v případě superfosfátu. O pomalejší reakci dikalciumfosfátu s půdou ve srovnání se superfosfátem svědčí rovněž přírůstky v obsahu fosforu rozpustného v NH_4Cl frakci. Tato frakce je v půdě z Ruzyně výrazně menší než v případě superfosfátu, což naznačuje, že hlinité ionty podobně jako

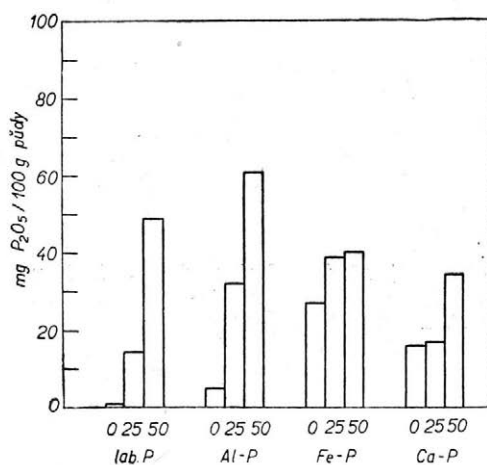


3.

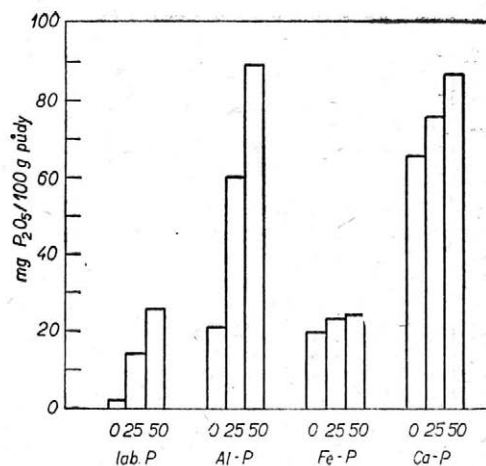
4.-6. Ovlivnění frakcí půdního fosforu aplikací dikalciumfosfátu – půda z Aše, ze Stříbra a z Ruzyně



4.

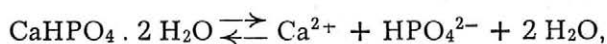


5.

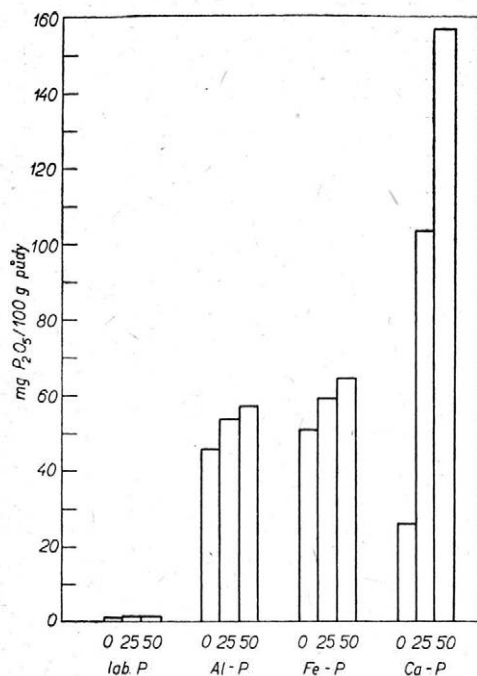


6.

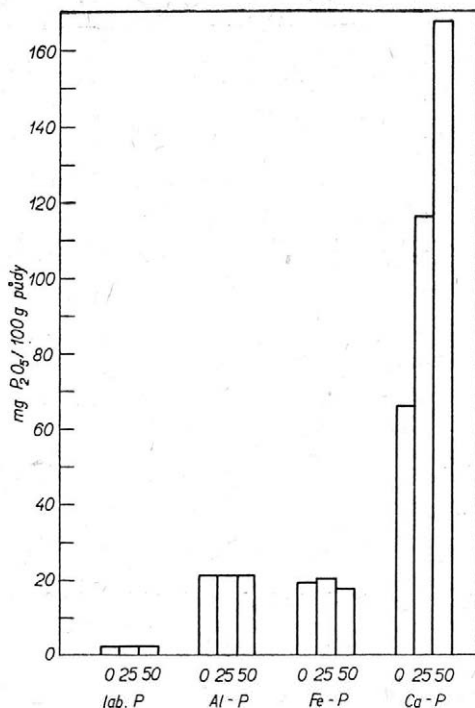
u superfosfátu (ani zde nejsou a nemohou být železité ionty aktivní) stačí vázat většinu uvolněného fosforu z dikalciumfosfátu a vzhledem k nízké rozpustnosti dikalciumfosfátu v dané oblasti pH jsou pravděpodobně i hlavní příčinou rozkladu dikalciumfosfátu, neboť mohou přesouvat rovnováhu reakce



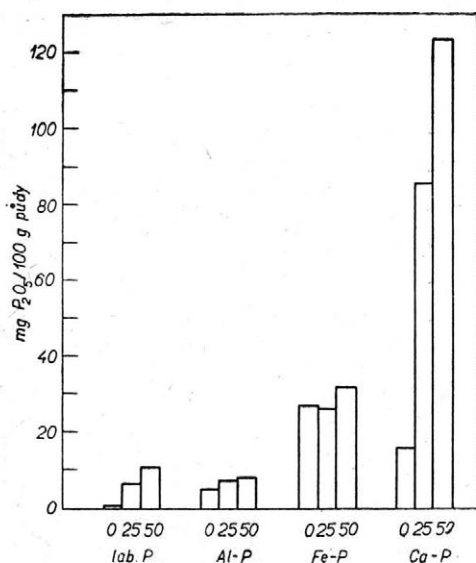
což je normální rozpouštěcí reakce, na pravou stranu vzhledem ke kontinuálnímu



7.



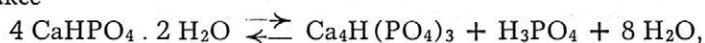
8.



9.

7.-9. Ovlivnění frakcí půdního fosforu aplikací Gafsy fosfátu — půda z Aše, ze Stříbra a z Ruzyně

odstraňování fosforečnanových iontů z roztoku. Je zde samozřejmě možná i alternativní reakce



tedy hydrolýza za vzniku oktokalciumfosfátu, která může v alkalickém prostředí

probíhat a i zde by přítomnost iontů odstraňujících volnou kyselinu fosforečnou pomáhala průběhu reakce. Výsledkem této reakce by však měl být větší podíl fosforu v Ca-P frakci než v R-frakcích, což se nám nepotvrdilo. Zůstává zde ovšem možnost simultánního průběhu obou reakcí.

Na půdě ze Stříbra je naopak množství fosforu rozpustného v NH_4Cl frakci při obou dávkách vyšší než u superfosfátu. Zde je totiž dikalciumfosfát rozpustnější než v případě půdy z Ruzyně a jeho rozklad v půdě není již zcela závislý na působení hlinitých a železitých iontů. Přitom na rozdíl od superfosfátu zde nedochází k lokálnímu okyselení prostředí a v důsledku toho zvýšení aktivity Al a Fe iontů. Vedle vyššího obsahu ve frakci NH_4Cl lze pozorovat menší obsah ve frakcích Al-P a Fe-P než v případě superfosfátu. Na půdě z Aše je tato tendence u dikalciumfosfátu ještě zachována, i když obsahy fosforu v jednotlivých frakcích jsou již srovnatelnější s obsahy fosforu ve frakcích u vzorků se superfosfátem, což je zřejmě způsobeno kyselejší reakcí zeminy z Aše než ze Stříbra a tudíž méně výrazným působením okyselujícího vlivu superfosfátu.

U mletého fosfátu je zřejmá naprostá nereaktivnost na půdě z Ruzyně — všechno v hnojivu dodaný fosfor byl nalezen ve frakci rozpustné v H_2SO_4 , přičemž obsah fosforu v ostatních frakcích zůstal stejný u obou dávek Gafsy fosfátu jako u vzorků, kde nebyl fosfor vůbec aplikován. Na půdách ze Stříbra a zejména z Aše již dochází k mírnému pohybu ve frakcích; zřejmě působením vyšší aktivity vodíkových iontů v těchto půdách.

Závěrem lze tedy říci, že nejrychleji s půdou reaguje superfosfát; reakce dikalciumfosfátu silně závisí na aktivitě vodíkových iontů prostředí. Mletý fosfát (Gafsa) za daných podmínek prakticky nereagoval. Současně se potvrdily tendence rozložení fosforu a hnojiv do frakcí, pozorované a popsané u polních pokusů.

SOUHRN

V laboratorních podmínkách byly inkubovány dvě dávky superfosfátu, dikalciumfosfátu a mletého fosfátu s třemi půdami s výrazně odlišným pH. Po čtrnácti dnech byla provedena frakcionace půdního fosforu. Fosfor ze superfosfátu a dikalciumfosfátu byl nalezen většinou ve frakcích rozpustných v NH_4Cl , NH_4F a NaOH (tzn. frakce labilně vázaného P, fosfor vázaný na hliník a železo). Gafsa fosfát se nacházel hlavně v H_2SO_4 frakcích, tj. ve frakcích obsahujících hlavně fosforečnany vápenaté.

Došlo dne 8. 8. 1966

Literatura

1. FIFE, C. V.: An evaluation of ammonium fluoride as selective extractant for aluminum bound soil phosphate. II. Preliminary studies on soil systems. = „Soil Sci.“, 87, 1959, s. 83-88. 2. FISKELL, J. G. A. - SPENCER, W. F.: Forms of phosphate in Lakeland f. s. after six years of heavy phosphate and lime applications. = „Soil Sci.“, 97, 1964, s. 320-327. — 3. CHANG, S. C. - JACKSON, M. L.: Fractionation of soil phosphorus. = „Soil Sci.“, 84, 1957, s. 133-144. — 4. KAILA, A.: Response of winter rye to hyperphosphate and superphosphate. = „Maataloust. Aikak.“, 33, 1961, s. 39-50. — 5. KAILA, A.: Fertilizer phosphorus in some Finnish soils. = „Maataloust. Aikak.“, 33, 1961, s. 131-139. — 6. KAILA, A.: Fertilizer phosphorus in various fractions of soil phosphorus. = „Maataloust. Aikak.“, 35, 1963, s. 36-46. — 7. LEHR, J. R. - BROWN, W. E. - BROWN, E. H.: Chemical behavior of monocalcium phosphate monohydrate in soils. = „Soil Sci. Soc. Am. Proc.“, 23, 1959, s. 3-7. — 8. MORENO, E. C. - LINDSAY, W. L. - OSBORN, G.: Reaction of dicalcium phosphate dihydrate in soils. = „Soil Sci.“, 90, 1960, s. 58-68. — 9. PIRKL, J. - NOVOZÁMSKÝ, I.: Reakce fosforečných hnojiv s půdou. I: Rozložení fosforu z hnojiv do frakcí půdního fosforu v polních pokusech. = „Rostlinná výroba“, 13, 1967, s.

Реакция фосфорных удобрений с почвой

II. Лабораторные опыты

В лабораторных условиях инкубировались две дозы суперфосфата, дикальцийфосфата и молотого фосфата с тремя почвами с резко отличными pH. После 14 дней проводилось фракционирование почвенного фосфора. Фосфор из суперфосфата и дикальцийфосфата в большинстве случаев был обнаружен во фракциях, растворимых в NH_4Cl , NH_4F и NaOH (так наз. фракции лабильно связанного P, фосфор, связанный с алюминием и железом). Гафса фосфат главным образом находился в H_2SO_4 фракциях, т. е. во фракциях, содержащих главным образом кормовой трикальцийфосфат.

Текст к графикам

- 1.—3. Воздействие на фракции почвенного фосфора путем применения суперфосфата — почва из Аша, из Стршибра и Рузыни
- 4.—6. Воздействие на фракции почвенного фосфора путем применения дикальцийфосфата — почва из Аша, из Стршибра и Рузыни
- 7.—9. Воздействие на фракции почвенного фосфора путем применения Гафса фосфата — почва из Аша, из Стршибра и Рузыни

Reaction of Phosphate Fertilizers with the Soil

II. Laboratory Experiments

Two doses of superphosphate, dicalcium phosphate and ground phosphate were incubated under laboratory conditions with three soils having distinctly different pH values. After a fortnight, the soil phosphorus was fractionated. The phosphorus from superphosphate and dicalcium phosphate was found for the greater part in the fractions soluble in NH_4Cl , NH_4F and NaOH (fractions of loosely bound P, phosphorus bound to aluminium and iron). The Gafsa phosphate was mainly found in the H_2CO_4 fractions, i. e. in fractions predominantly containing calcium phosphates.

Text to graphs

- 1.—3. Influence on the fractions of soil phosphorus by application of superphosphate — soil from Aš, from Stříbro and from Ruzyně
- 4.—6. Influence on the fractions of soil phosphorus by application of dicalcium phosphate — soil from Aš, from Stříbro and from Ruzyně
- 7.—9. Influence on the fractions of soil phosphorus by application of the Gafsa phosphate — soil from Aš, from Stříbro and from Ruzyně

Die Reaktion der Phosphordünger mit dem Boden

II. Laborversuche

Bei Laborbedingungen inkubierte man zwei Gaben des Superphosphates, Dikalziumphosphates und gemahlten Phosphates mit drei Bodenarten von ausgeprägt unterschiedlichem pH-Wert. Nach vierzehn Tagen wurde eine Fraktionierung des Bodenphosphors vorgenommen. Der Phosphor aus dem Superphosphat und Dikalziumphosphat wurde größtenteils in den im NH_4Cl , NH_4F und NaOH löslichen Fraktionen (d. h. Fraktionen des labil gebundenen P; an Al und Fe gebundener Phosphor) gefunden. Das Gafsa-Phosphat befand sich hauptsächlich in den H_2SO_4 -Fraktionen, d. h. in Fraktionen, die vor allem Kalziumphosphate enthalten.

Text zu den graphischen Darstellungen

- 1.—3. Beeinflussung der Bodenphosphorfractionen durch die Applikation von Superphosphat — Boden aus Aš, Stříbro und Ruzyně
- 4.—6. Beeinflussung der Bodenphosphorfractionen durch die Applikation von Dikalziumphosphat — Boden aus Aš, Stříbro und Ruzyně
- 7.—9. Beeinflussung der Bodenphosphorfractionen durch die Applikation von Gafsa-Phosphat — Boden aus Aš, Stříbro und Ruzyně

Adresa autorů:

RNDr. Jiří Pírk a Ivo Novozámský, prom. chemik, Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

■ V celosvětovém měřítku se projevuje úsilí, aby sortiment průmyslových hnojiv byl při vysoké intenzitě hnojení jednoduchý a aby hnojiva měla vlastnosti usnadňující jejich aplikaci. Jde především o vysokou koncentraci účinných živin, o vhodné fyzikální vlastnosti a o maximální zjednodušení manipulačních zásahů. Těmto požadavkům ideálně vyhovují vícesložková kombinovaná hnojiva, jejichž podíl v sortimentu hnojiv má stoupající trend. Klíčovým problémem jejich účinnosti je však forma fosforečné složky, která ovlivňuje jejich působení nebo určuje podmínky jejich použití. Názory na nezbytnost podílu vodorozpustné formy P_2O_5 z celkového obsahu P_2O_5 v kombinovaných hnojivech se různí a jednotliví autoři docházejí k odlišným závěrům.

Z našich prací se touto problematikou zabývali Neuberg a Homola (1962, 1964), Škopík (1963), Němec (1965), kteří uvádějí zkušenosti s různými podíly vodorozpustné P_2O_5 ; v cizích autorů dochází k často vzájemně protichůdným závěrům Bergmann (1961), Pfaff a Buchner (1960) a zejména Turčin (1959) a Petěrburgskij (1961). V poslední době byly u nás získány kladné zkušenosti s méně rozpustnými formami P_2O_5 v kombinovaných hnojivech ve speciálních podmínkách, např. u travních porostů (Morhác a Dugát 1966) nebo u kukuřice (Ondráček a Kordík 1965). Byly rovněž hlouběji prozkoumány některé faktory rozhodující o účinnosti různých forem P_2O_5 , např. Pirk a Novozámský (1966).

Tato nevyjasněnost vedla k tomu, že na zasedání skupiny odborníků RVHP pro průmyslová hnojiva v roce 1961 ve Veszpremu bylo rozhodnuto založit mezinárodní síť dlouhodobých polních pokusů s kombinovanými hnojivy obsahujícími různé podíly vodorozpustné P_2O_5 , jejichž cílem bylo určení optimálního podílu vodorozpustné P_2O_5 v kombinovaných hnojivech. Předkládaná práce uvádí výsledky, které byly v rámci tohoto úkolu dosaženy v ČSSR.

MATERIÁL A METODIKA

V pokusech byly srovnávány čtyři druhy kombinovaných hnojiv s různým podílem P_2O_5 , z toho tři druhy vyráběné nitrosulfátovou technologií (obchodní označení NPK-2) a jeden druh vyráběný nitrokarbonátovou technologií (obchodní označení NPK-3). Obsahy hlavních živin v těchto hnojivech jsou uvedeny v tabulce I. Složení zkoušených hnojiv poněkud kolísalo, neboť byly vyráběny pro každý pokusný rok zvlášť, přesto se však dosáhlo zřetelného odstupňování podílu vodorozpustné P_2O_5 z celkového obsahu P_2O_5 v hnojivech.

Pro další hnojení a pro vyrovnávání dávek živin byl použit ledek amonný s vápencem a draselná sůl 40% nebo 50%, a to z běžných dodávek ZNZZ.

Srovnání bylo uskutečněno v přesných polních pokusech, které provedl Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský podle mezinárodní metodiky. Měla 6 kombinací se šesti opakováními; založeny byly v roce 1962 a sledovány do roku 1964. Pokusy byly vedeny ve dvou osevních sledech a ve dvou výrobních oblastech —

řepařské a bramborářské. Na každém pokusném místě v oblasti bramborářské byla založena dvojice pokusů, v řepařské oblasti byl proveden na každém pokusném místě jeden pokus. Účelem takto sestavené metodiky bylo sledovat na stejném místě přímé působení zkoušených hnojiv po dva roky (při každoročním hnojení) a jejich následné působení třetím rokem, kdy již nebyla použita žádná průmyslová hnojiva; a to v tříletém úseku osevního postupu typickém pro danou oblast: brambory — oves — jetel, oves — brambory — žito, cukrovka — ječmen — vojtěška, ječmen — brambory — pšenice oz. Celkem bylo založeno 10 pokusů, plně dokončeno bylo sedm pokusů.

V pokusech byly zařazeny tyto kombinace hnojení:

- A — draslík a draslo v jednoduchých hnojivech
- B — dusík, fosfor a draslo v jednoduchých hnojivech (P_2O_5 v superfosfátu)
- C — kombinované hnojivo NPK-3 bez vodorozpustné P_2O_5
- D — kombinované hnojivo NPK-2 s 15–22 % vodorozpustné P_2O_5
- E — kombinované hnojivo NPK-2 s 35–41 % vodorozpustné P_2O_5
- F — kombinované hnojivo NPK-2 s 50–62 % vodorozpustné P_2O_5

Všechny kombinace byly hnojeny stejnými dávkami čistých živin v průmyslových hnojivech, které činily pro okopaniny 90 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 a 120 kg/ha K_2O a pro obiloviny 60 kg/ha N, 40 kg/ha P_2O_5 a 70–80 kg/ha K_2O . U cukrovky byla dávka N zvýšena ještě o 20 kg N.

Dávky jednotlivých kombinovaných hnojiv byly propočteny tak, aby se na všechny kombinace dodalo stanovené množství celkové P_2O_5 , množství N a K_2O nedostávající se na jednotlivých kombinacích bylo doplněno v ledku a v draselné soli. P_2O_5 u kombinace B byla dodána v práškovém superfosfátu.

Před založením pokusů a po sklizni v každém roce byly z každé kombinace odebrány průměrné vzorky půdy a analyzovány na pH a obsah přijatelné P_2O_5 a K_2O . Při vegetačním pozorování byly v průběhu růstu sledovány všechny hlavní znaky na porostech, za účelem sledování příjmu živin byly u obilovin a částečně i u brambor a jetele odebrány při sklizni vzorky rostlin a byl v nich stanoven obsah P_2O_5 . Výnosy plodin byly zachyceny v čerstvé hmotě a byla u nich stanovena sušina, podle které byly propočteny výnosy sušiny sklizně na 1 ha; statistická významnost rozdílů byla propočtena analýzou variance. Z údajů o obsahu P_2O_5 v sušině byly pak vypočteny odběry P_2O_5 na 1 ha a využití dodané P_2O_5 . Pro snadnější srovnání byly výnosy rovněž vyjádřeny v obilních jednotkách.

VÝSLEDKY

Hlavním ukazatelem působení srovnávaných hnojiv jsou výnosové výsledky. Analýza variance sice ukázala, že rozdíly mezi průměry výnosů jednotlivých kombinací jsou většinou statisticky nevýznamné, což vyplývá z nepříliš výrazné výnosové reakce na P_2O_5 ; přesto se však projevují tendence svědčící o rozdílnosti v působení zkoušených hnojiv.

U obou *bramborářských osevních sledů* se ukázalo, že reakce na zkoušená hnojiva byla u sledovaných plodin různá a že se měnila bez závislosti na ročníku, na plodině i na podmínkách pokusných míst. Shodnou tendenci vykazují oba postupy pouze v poměrně silném následném působení fosforečné složky, které se projevilo u jetele.

Při celkovém hodnocení průměrných výnosových výsledků dosažených za tři roky v obilních jednotkách (tabulka II) zjišťujeme, že reakce na P_2O_5 byla u osevního postupu brambory—oves—jetel silnější než u postupu oves—brambory—žito. V obou osevních postupech však nedošlo při srovnání kombinovaných hnojiv s jednoduchými k velkým rozdílům ve výnosech. U nitrosulfátových hnojiv lze pozorovat obecnou tendenci, že výnosy stoupají se zvyšováním podílu vodorozpustné P_2O_5 (až na jednu výjimku). Výnosy u hnojiva s malým podílem jsou o 2–3 % nižší než u N+P+K, výnosy u obou nitrosulfátových hnojiv s vyšším podílem se liší od N+P+K o ± 1 –2 %. Nitrokarbonátové hnojivo

I. Složení srovnávaných kombinovaných hnojiv

Hnojivo	Obsah N v %	Obsah P_2O_5 v %			Obsah K_2O v %
		veškerá	citř.	vodoroz- pustná	
NPK—3 bez vodorozpustné P_2O_5	13,4–14,0	9,0–9,5	8,8–8,9	0	12,6–15,5
NPK—2 s 15–22% vodorozpustné P_2O_5	10,5–10,7	10,5–12,5	10,4–11,3	1,9–2,3	12,1–16,1
NPK—2 s 35–41% vodorozpustné P_2O_5	11,6–12,5	8,2–12,7	8,1–12,6	2,8–5,2	7,1–16,9
NPK—2 s 50–62 % vodorozpustné P_2O_5	8,9–10,8	9,4–11,2	8,9–10,9	5,3–5,8	9,1–12,0

II. Průměrné výnosy dosažené kombinovanými hnojivy v osevních postupech

Osevní postup		Průměrný výnos hlavního produktu v obilních jednotkách/ha a v %					
		A	B	C	D	E	F
		N+K	N+P+K	Nitrokar- bonátové NPK	Nitrosulfátové NPK s podílem vodorozpustné P_2O_5		
					15–22%	35–41%	50–62%
Bramborářská oblast							
Brambory – oves – – jetel	OJ/ha	31,5	33,7	33,3	32,9	33,8	34,3
	%	93,4	100,0	98,9	97,7	100,2	101,8
Oves – brambory – – žito	OJ/ha	37,6	39,5	38,4	37,5	39,0	38,6
	%	95,2	100,0	97,1	94,9	98,8	97,6
Celkové hodnoce- ní bramborář- ských postupů	OJ/ha	34,6	36,6	35,9	35,2	36,4	37,0
	%	94,5	100,0	98,1	96,2	99,4	101,1
Řepářská oblast							
Cukrovka – – ječmen	OJ/ha	67,4	69,2	69,1	65,1	66,9	69,2
	%	97,4	100,0	99,9	94,2	96,8	100,1
Ječmen – bram- bory – pšenice ozimá	OJ/ha	43,1	43,8	42,4	44,2	44,2	44,4
	%	98,2	100,0	96,8	100,8	100,8	101,2
Celkové hodnocení řepářských postupů	OJ/ha	55,2	56,5	55,8	54,7	55,6	56,8
	%	97,7	100,0	98,8	96,8	98,4	100,5
Celkový průměr za všechny osevní postupy							
	OJ/ha	44,9	46,6	45,8	44,9	46,0	46,6
	%	96,4	100,0	98,3	96,4	98,7	100,0

se výnosově řadí před nitrosulfátové s malým podílem vodorozpustné P_2O_5 , nepřevyšuje však nikdy nitrosulfátová hnojiva s vyššími podíly. Ve srovnání s $N+P+K$ dává výnosy o 1–3 % nižší.

Uvedené tendence se projevují i při souborném hodnocení obou bramborářských postupů. Potvrzuje se, že u nitrosulfátových hnojiv se stupňují výnosy při zvyšování podílu vodorozpustné P_2O_5 , a to v pořadí 96,2–99,4–101,1 % ve srovnání s $N+P+K$. Znamená to, že výnosy dosahované nitrosulfátovým hnojivem s malým podílem vodorozpustné P_2O_5 (15–22 %) jsou v bramborářské oblasti průměrně asi o 4 % nižší než u směsi $N+P+K$ se superfosfátem, kdežto obě hnojiva s podílem vyšším než zhruba 40 % dávají výnosy prakticky stejné jako směs. Nitrokarbonátové hnojivo působí o něco lépe než nitrosulfátové s malým podílem a dává výnosy průměrně o 2 % nižší než směsi se superfosfátem.

Společným znakem obou *řepařských postupů* je slabá reakce na P_2O_5 u směsi jednoduchých hnojiv se superfosfátem a dále značná rozkolísanost výnosů vzhledem k reakci na jednotlivá hnojiva. V celkovém průměru za oba řepařské osevní postupy (tabulka II) bylo dosaženo prakticky stejné výnosové reakce na P_2O_5 u směsi se superfosfátem a u nitrosulfátového hnojiva s nejvyšším podílem vodorozpustné P_2O_5 . U ostatních nitrosulfátových hnojiv klesají výnosy v závislosti na podílu vodorozpustné P_2O_5 (100,5–98,4–96,8 při $N+P+K = 100$ %). Nitrokarbonátové hnojivo se prakticky vyrovnává hnojivu nitrosulfátovému se středním obsahem vodorozpustné P_2O_5 . Znamená to, že v řepařských osevních sledech dává nitrosulfátové hnojivo s obsahem 50–62 % vodorozpustné P_2O_5 prakticky stejné výnosy jako směs jednoduchých hnojiv se superfosfátem, při snížení tohoto podílu na 35–41 % se výnosy snižují o 2 % a při dalším snížení na 15–22 % dále klesají o 3–4 %. Výnosy u nitrokarbonátového hnojiva se zhruba vyrovnávají výnosům u nitrosulfátového hnojiva se středním podílem vodorozpustné P_2O_5 , tj. jsou přibližně o 1–2 % nižší než výnosy u směsi hnojiv se superfosfátem.

Při souborném hodnocení výsledků pokusů ve všech osevních sledech se ukázalo, že bylo dosaženo v průměru stejných výnosů u směsi se superfosfátem a u kombinovaného nitrosulfátového hnojiva s podílem 50–62 % vodorozpustné P_2O_5 . Výnosy u nitrosulfátových hnojiv s menším podílem vodorozpustné P_2O_5 se snižovaly, a to při podílu 35–41 % zhruba o 1–2 % a při podílu 15–22 % o 3–4 %. Výnosy u nitrokarbonátového hnojiva převyšovaly výnosy u nitrosulfátového s nejnižším podílem a blížily se výnosům u nitrosulfátového hnojiva se středním podílem vodorozpustné P_2O_5 (35–41 %), tzn., že byly o 1–2 % menší než výnosy u směsi se superfosfátem.

Obsah P_2O_5 v rostlinách se po dodání fosforečné složky mění ve srovnání s NK velmi nepravidelně, a to jak u směsi jednoduchých hnojiv, tak i u srovnávaných kombinovaných hnojiv. Při dodání P_2O_5 zůstal obsah P_2O_5 v rostlinách někdy stejný, jindy klesl nebo se zvyšoval, a to bez závislosti na základním výnosu NK nebo na podmínkách pokusného místa. Změny v obsahu P_2O_5 nesouvisí ani se změnami výnosů dosaženými hnojením ani s druhy srovnávaných hnojiv.

Obdobně lze hodnotit i celkový odběr P_2O_5 sklizněmi, kde se uplatňují všechny výše uvedené poznatky a mimo to další komplikaci vnáší rozdíly ve sklizni vedlejšího produktu.

Tyto skutečnosti se musí nutně projevit i při propočtech využití dodané P_2O_5 ze srovnávaných hnojiv, které nebylo v souvislosti s dosahovanými výnosy produktů a není je v tomto případě možné považovat za kritérium účinnosti srovnávaných hnojiv.

DISKUSE

Pro detailnější posouzení účinnosti zkoušených hnojiv je názornější porovnání vzhledem k průměrnému ročnímu přírůstku, o který se zvýšil výnos dodáním P_2O_5 v hnojivech ve srovnání s kombinací NK:

	Přírůstek výnosu v obilních jednotkách	v %
Směs jednoduchých hnojiv	1,7	100
Nitrokarbonátové NPK	0,9	53
Nitrosulfátové NPK s podílem vodorozpustné P_2O_5 :		
15–22 %	0,0	0
35–41 %	1,1	65
50–62 %	1,7	100

Z tohoto přehledu vyplývá, že nitrosulfátového hnojiva s 50–62 % vodorozpustné P_2O_5 se v celkovém průměru dosáhlo stejného přírůstku jako u směsi se superfosfátem. Při snižování podílu vodorozpustné P_2O_5 však účinnost nitrosulfátových hnojiv klesá, takže při podílu 35–41 % se dosáhne pouze 65 % přírůstku ve srovnání se směsí. Při dalším snížení na 15–22 % je přírůstek dosažený fosforečnou složkou nulový, takže dosažené výnosy se vyrovnávají výnosům získaným při hnojení pouze dusíkem a draslem. Nitrokarbonátovým hnojivem bylo dosaženo přírůstku 53 % ve srovnání se směsí se superfosfátem.

V procentickém srovnání získáme toto pořadí účinnosti P_2O_5 ve zkoušených hnojivech:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. směs jednoduchých hnojiv se superfosfátem | – 100 % přírůstek na P_2O_5 |
| 2. nitrosulfátové NPK s podílem 50–62 %
vodorozpustné P_2O_5 | – 100 % přírůstek na P_2O_5 |
| 3. nitrosulfátové NPK s podílem 35–41 %
vodorozpustné P_2O_5 | – 65 % přírůstek na P_2O_5 |
| 4. nitrokarbonátové NPK bez vodorozpustné P_2O_5 | – 53 % přírůstek na P_2O_5 |
| 5. nitrosulfátové NPK s podílem 15–22 %
vodorozpustné P_2O_5 | – 0 % přírůstek na P_2O_5 |

Zjištěné pořadí vyplývá z celkových průměrů získaných z pokusného materiálu neumožňujícího upřesnění, ve kterých podmínkách by byla jednotlivá hnojiva nejúčinnější, což platí zejména pro řepářskou oblast. Vcelku však možno soudit, že obecně by byla výhodná výroba kombinovaných hnojiv s podílem vodorozpustné P_2O_5 alespoň 40 %, u kterých lze předpokládat 65 % účinnost fosforečné složky ve srovnání se superfosfátem. Vhodnější by bylo zvýšení tohoto podílu na 50–60 %, kdy by byla účinnost fosforečné složky stejná jako u superfosfátu. Nelze doporučit obecné používání nitrosulfátového hnojiva s velmi nízkým podílem vodorozpustné P_2O_5 , kde je účinnost fosforu velmi slabá. Výroba nitrokarbonátového hnojiva se obecně jeví jako méně výhodná, neboť účinnost jeho fosforečné složky je zhruba poloviční než účinnost superfosfátu.

ZÁVĚRY

Ve tříletých úsecích osevních postupů s různými sledy plodin ve výrobních oblastech bramborářské a řepářské byly provedeny pokusy s kombinovanými hnojivy, obsahujícími různé podíly vodorozpustné P_2O_5 z celkového obsahu P_2O_5 . Z průměrných výsledků lze vyvozovat tyto obecné tendence:

1. Účinnost P_2O_5 v superfosfátu a v nitrosulfátovém hnojivu s podílem 50–62 % vodorozpustné P_2O_5 je prakticky stejná. Při snižování podílu vodorozpustné P_2O_5 účinnost klesá; při podílu zhruba 40 % dosahuje 65 % a při podílu 15–20 % klesá na 0 %, tzn. že se nedosahuje žádného výnosového přírůstku na dodanou P_2O_5 .

2. Účinnost P_2O_5 v nitrokarbonátovém hnojivu dosahuje 53 % účinnosti superfosfátu.

3. Obecně se jeví výhodné používání nitrosulfátového hnojiva s podílem vodorozpustné P_2O_5 minimálně 40 %, výhodnější by byl podíl 50–60 %. Méně výhodné je používání nitrokarbonátového hnojiva, nevýhodné je používání nitrosulfátového hnojiva s 15–22 % vodorozpustné P_2O_5 .

4. Účinnost zkoušených hnojiv nelze posuzovat podle obsahu P_2O_5 v rostlinách ani podle celkového odběru P_2O_5 nebo podle využití P_2O_5 k tvorbě výnosů. Mezi těmito ukazateli a dosaženými výnosy nebyly pozorovány žádné určitější závislosti.

Uvedené závěry platí jako průměrné tendence. Lze předpokládat, že výnosové reakce na zkoušená hnojiva budou v různých podmínkách odlišné. Experimentální materiál však neumožnil specifikaci účinnosti zkoušených typů hnojiv v odlišných půdně klimatických a výrobních podmínkách.

Došlo dne 1. 11. 1966

Literatura

1. BERGMANN, W.: Ergebnisse zweijähriger Gefäßversuche mit verschiedenen Volldüngern in gekörnter und gemahlener Form. = „A. Thaer-Archiv“, 5, 1961, č. 2. – 2. HOMOLA, V.: Kombinovaná hnojiva. = „Agrochemikálie“, 2, 1962, č. 5. – 3. Informacija o rezultatah opytov po opredeleniju efektivnosti fosfornoj kisloty v kombinirovannyh udobrenijach. Zpráva pro koordinační centrum RVHP, ÚVÚRV Ruzyně, 1966. – 4. LINNIK, E. F.: Agrochimičeskaja ocenka udobrenij v zavisimosti ot sodržanija v nich usvojajemogo fosfora. = „Selsk. chozj. za rubežom“, 12, 1966, č. 1. – 5. MORHÁČ, P. - DUGÁT, I.: Účinnost kombinovaného hnojiva typu NPK-3B na málohodnotné horské travné porosty. = „Agrochémia“, 6, 1966, č. 7. – 6. NĚMEC, A.: Vliv rozpustnosti fosforečné složky zahraničních kombinovaných hnojiv na jejich účinnost. = „Rostlinná výroba“, 11, 1965, č. 12. – 7. NEUBERG, J.: Perspektivní úkoly výživy rostlin v ČSSR. = „Agrochémia“, 6, 1966, č. 4. – 8. NEUBERG, J. - HOMOLA, V.: Ověření agrochemické účinnosti kombinovaných hnojiv v provozních podmínkách. Závěrečná zpráva v archivu ÚVÚRV Ruzyně, 1964. – 9. ONDRÁČEK, L. - KORDÍK, E.: Agrochemická účinnost kombinovaných hnojiv u kukuřice na zrno. = „Agrochemie“, 5, 1965, č. 6. – 10. PETĚRBUŠKIJ, A. V.: Dostupnost fosfatových složek v prostých udobrenij rastěním. = „Izv. TSCHA“, 1961, č. 1. – 11. PFAFF, C. - BUCHNER, A.: Untersuchungen über die P_2O_5 -Düngewirkung von Mehrnährstoffdüngern. = „Landw. Forschung“, 13, 1960, č. 3. – 12. PIRKL, J. - NOVOTNÝ, I.: Průběh reakce některých fosforečných hnojiv s půdou během čtyř let osevního postupu. = „Agrochémia“, 6, 1966, č. 10. – 13. ŠKOPÍK, P. - KOPECKÝ, M.: Výživa obilovin při použití kombinovaných hnojiv. = „Rostlinná výroba“, 9, 1963, č. 3-4. – 14. TURCIN, F.: Efektivnost složených udobrenij, počítaných na osnove azotnoskislj pererabotki fosfatov. = „Udobrenije i urožaj“, 4, 1959, č. 10.

Исследование оптимальной доли водорастворимой P_2O_5 в комбинированных удобрениях

В трехлетних интервалах севооборотов с разной очередностью культур в производственной картофелеводческой и свекловодческой областях проводились опыты с комбинированными удобрениями, содержащими разные доли водорастворимой P_2O_5 от общего содержания P_2O_5 . Из средних результатов можно сделать следующие общие заключения:

1. Эффективность P_2O_5 в суперфосфате и в нитросульфатном удобрении с долей 50–62 % водорастворимой P_2O_5 практически одинакова. При понижении доли водорастворимой P_2O_5 эффективность понижается; при 40 % она в общем достигает 65 % и при 15–20 % понижается.

ется до 0 %, т. е. она не достигает никакого прироста урожая при дополнительном внесении P_2O_5 .

2. Эффективность P_2O_5 в нитрокарбонатном удобрении достигает 53 % эффективности суперфосфата.

3. В общем представляется пригодным применение нитросульфатного удобрения с долей водорастворимой P_2O_5 минимально 40 %, более выгодной была бы доля 50–60 %. Менее выгодно применение нитрокарбонатного удобрения, невыгодно — применение нитросульфатного удобрения с 15–22 % водорастворимой P_2O_5 .

4. Об эффективности испытываемых удобрений нельзя судить по содержанию P_2O_5 в растениях, даже по общему взятию P_2O_5 или по использованию P_2O_5 при образовании урожая. Между этими показателями и полученными урожаями не было установлено никакой более определенной зависимости.

Приведенные заключения действительны в качестве средней тенденции. Можно предполагать, что реакции урожая на испытываемые удобрения в разных условиях будут разными. Однако экспериментальный материал не дал возможности произвести спецификацию эффективности испытываемых типов удобрений в разных почвенно-климатических производственных условиях.

Текст к таблицам

I. Состав сравниваемых комбинированных удобрений

II. Средние урожаи, полученные с комбинированными удобрениями в севооборотах

Investigation of the Optimum Proportion of Water-Soluble P_2O_5 in Combined Fertilizers

In three years' sections of various crop rotations in a potato and sugar-beet region, experiments were undertaken with combined fertilizers containing various proportions of water-soluble P_2O_5 of the total P_2O_5 content. The average results indicate the following general trends:

1. The effect of P_2O_5 in superphosphate and in a nitrosulphate fertilizer with a proportion of 50–62 % of water-soluble P_2O_5 is practically equal. Reduction of the proportion of the water-soluble P_2O_5 lowers the effect; with a proportion of roughly 40 %, the effect amounts to 65 %, and with a proportion of 15–20 % it drops to 0 %, which means that the supplied P_2O_5 produces no yield increase.

2. The effect of P_2O_5 in a nitrocarbonate fertilizer amounts to 53 % of the effect of superphosphate.

3. In general it appears as advantageous to use nitrosulphate fertilizers with a minimum content of 40 % of water-soluble P_2O_5 ; a proportion of 50–60 % would be still more advantageous. Less effective is the use of nitrocarbonate fertilizers, and disadvantageous is the application of nitrosulphate fertilizers containing 15–22 % of water-soluble P_2O_5 .

4. The effect of the fertilizers under examination can neither be judged by the P_2O_5 content in the plants nor by the total uptake of P_2O_5 , or according to the utilization of P_2O_5 in the formation of the yields. No defined interrelations have been observed between these characteristics and the yields obtained.

These conclusions can be regarded as average trends. It may be assumed that the yield reactions to the examined fertilizers will be different under various conditions. The experimental material, however, did not permit to specify the effect of the examined fertilizer types under different soil and climate production conditions.

Text to tables

I. Composition of the compared combined fertilizers

II. Average yields attained by combined fertilizers in the crop rotations

Untersuchung des optimalen Anteils an wasserlöslichem P_2O_5 in kombinierten Düngemitteln

In dreijährigen Abschnitten der Fruchtfolgen mit verschiedenen Kulturen im Kartoffel- und Zuckerrübenanbaubereich wurden Versuche mit kombinierten Düngemitteln, die verschiedene Anteile des wasserlöslichen P_2O_5 vom gesamten P_2O_5 ent-

hielten, durchgeführt. Aus dem Durchschnitt der Ergebnisse können folgende allgemeine Tendenzen abgeleitet werden:

1. Die Wirksamkeit des P_2O_5 im Superphosphat und im Nitrosulphatdünger mit einem Anteil von 50–62 % wasserlöslichen P_2O_5 ist praktisch dieselbe. Bei einer Herabsetzung des Anteils des wasserlöslichen P_2O_5 senkt sich die Wirksamkeit; bei einem Anteil von annähernd 40 % erreicht sie 65 % und bei einem Anteil von 15–20 % senkt sie sich auf 0 %, d. h. sie erreicht keine Ertragszunahme für den zugeführten P_2O_5 .

2. Die Wirksamkeit des P_2O_5 im Nitrokarbonat-Dünger erreicht 53 % der Wirksamkeit von Superphosphat.

3. Im allgemeinen erwies sich als vorteilhaft die Anwendung von Nitrosulphatdünger mit einem Anteil an wasserlöslichen P_2O_5 minimal 40 %; ein Anteil von 50–60 % wäre vorteilhafter. Die Anwendung von Nitrokarbonat-Dünger ist weniger vorteilhaft. Der Nitrosulphatdünger mit einem Gehalt von 15–20 % wasserlöslichen P_2O_5 ist unzweckmäßig.

4. Die Wirksamkeit der geprüften Dünger kann weder nach dem P_2O_5 -Gehalt der Pflanzen noch nach der Gesamtentzug von P_2O_5 oder nach der Ausnützung von P_2O_5 für die Ertragsbildung beurteilt werden. Zwischen diesen Kennwerten und den erzielten Erträgen konnten keine bestimmtere Abhängigkeiten beobachtet werden.

Die angeführten Schlußfolgerungen gelten als Durchschnittstendenzen. Man kann voraussetzen, daß die Ertragsreaktionen auf die geprüften Düngemittel bei verschiedenen Bedingungen unterschiedlich sein werden. Das experimentelle Material ermöglichte jedoch keine Spezifikation der Wirksamkeit der geprüften Düngertypen bei unterschiedlichen boden-klimatischen Bedingungen.

Text zu den Tafeln

I. Zusammensetzung der verglichenen kombinierten Düngemitteln

II. Die durch kombinierte Düngemittel erzielten Durchschnittserträge in den Fruchtfolgen

Adresy autorů:

Ing. Adolf Němec, CSc., Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně, ing. Ladislav Pecina, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha 8, Sokolovská 1, ing. Helena Kroulíková, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno - Pisárky, Hroznová 2

■ Fosfor, jeden z hlavních biogenních prvků, je v živých organismech obsažen výhradně ve formě solí, esterů, amidů kyseliny fosforečné, popř. polyfosforečných kyselin a eventuálně i směsných anhydridů kyseliny fosforečné s jinými kyselinami. Pro poznání biochemických a fyziologických pochodů v živých organismech je znalost hladiny obsahu fosforečných sloučenin, hlavně organických, neobyčejně důležitá (Karlson 1966).

Stanovení obsahu fosforu, vyskytujícího se v různých sloučeninách v biologickém materiálu, spočívá v podstatě ve stanovení anorganického ortofosfátu, na nějž je nutno organicky vázaný fosfor převést mineralizací. Mineralizaci provádíme obvykle kyselinou sírovou spolu s kyselinou dusičnou nebo peroxidem vodíku (30%), popřípadě kyselinou chloristou. Fosfát stanovujeme nejčastěji kolorimetricky: fosfát reaguje v kyselém prostředí s molybdenanem amonným za vzniku komplexní heteropolykyseliny molybdátosfosforečné („fosfomolybdenové“), kterou lze vhodným redukcí činidlem (anorganickým či organickým) převést na modře zbarvené produkty (sloučeniny molybdenu o mocenství nižším než 6), přičemž intenzita modrého zbarvení je úměrná množství fosfátu v roztoku a lze ji stanovit spektrofotometricky (Lang 1955, Malát 1956, Ging 1956, Asatiani 1957, Leloir, Cardini 1957, Keil, Šormová 1959).

Jednotlivé metody fotometrického stanovení fosforu se zpravidla liší použitým redukcí činidlem, popřípadě extrakcí molybdátosfosfátového komplexu do organického rozpouštědla před redukcí. Nejčastěji používaná metoda Fiskeho a Subbarowa (Fiske, Subbarow 1925) je založena na redukcí molybdátosfosfátového komplexu 1-amino-2-naftol-4-sulfonovou kyselinou (tzv. eikonogen) a směsí kyselého a normálního siřičitanu v prostředí zředěné kyseliny sírové. Tato metoda byla později zlepšena použitím kyseliny šťavelové k vázání nadbytečného molybdenanu do molybdátooxalátového komplexu*) a vytřepáním modrého barviva do izobutanolu (Allen 1940). Jiná metoda používá místo kyseliny sírové kyselinu chloristou a redukcí provádí rovněž směsí kyselého a normálního siřičitanu (King 1932).

Někteří autoři použili k redukcí molybdátosfosfátového komplexu chloridu cínatého (SnCl_2) (Kuttner, Cohen 1927, Kuttner, Lichtenstein 1930). Pro biologický materiál je však vhodnější předchozí extrakce molybdátosfosfátového komplexu z reakční směsi do izobutanolu a následující redukce chloridem cínatým, přičemž modré barvivo zůstane v izobutanolové vrstvě (Berenblum, Chain 1938). Pro sériové analýzy byla tato metoda upravena až mnohem později (Bartley 1953).

*) Nadbytečný molybdenan, nevázaný do molybdátosfosfátového komplexu, může být redukován rovněž na modré barvivo a tím rušit vlastní stanovení.

Pro analýzu rostlinného materiálu byla vypracována další modifikace této metody (Pons, Guthrie 1946). Na stejném principu je založena i metoda používající k extrakci molybdatofosforečné kyseliny do izobutanolu nikoli vytřepávání v dělicích nálevkách, ale probublávání vodné a izobutanolové vrstvy vhodným plynem (dusík, kyslík, uhlíkový, vzduch) ve speciálním aparátu umožňujícím provést větší počet souběžných stanovení (Zeller 1949). Vzhledem k tomu, že bílkoviny přítomné v extraktech biologického materiálu ruší stanovení fosforu v důsledku tvorby sraženin s molybdenanovými komplexy, bylo využito deproteinace kyselinou wolframátokřemičitou ještě před přidáním molybdenanu amonného. Molybdatofosfátový komplex se extrahuje směsí izobutanolu s benzenem (1:1) a pak redukuje chloridem cinátným (Martin, Doty 1949).

Někteří autoři použili k redukci molybdatofosfátového komplexu též organických redukčních činidel. Tak kupř. byl použit hydrochinon buď samotný (Bell, Doisy 1920), nebo ve směsi se siřičitanem (0,5% roztok hydrochinonu a 20% roztok Na_2SO_3) (Briggs 1922). Pro biologický materiál se však lépe osvědčila upravená metoda, používající 0,2 N H_2SO_4 , k extrakci molybdatofosfátového komplexu n-butanolu a k redukci tohoto komplexu 2% vodný roztok hydrochinonu a roztok směsi $\text{NaHSO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3$, čímž se modře zbarvené redukční produkty převedou opět do vodné vrstvy (Ging 1956).

Velmi vhodným redukčním činidlem pro molybdatofosfátový komplex je kyselina askorbová (vitamin C), snadno dostupná v dostatečně čistém stavu (Ammon, Hinsberg 1936). Použití kyseliny askorbové ve formě 1% roztoku jako redukčního činidla při pH 4,0 umožňuje stanovit anorganický fosfát i v přítomnosti labilních fosforečných esterů (Lowry, López 1946), o nichž je známo, že se štěpí za určitých okolností i molybdenanem (Weil-Malherbe, Green 1951). Další úpravy této metody používají k redukci buď 10% roztoku kyseliny askorbové, reakční doby 1,5–2 hodiny při 37 °C a měří absorbanci při 820 nm (Chen, Toribara, Warner 1956), nebo přidávají přímo pevnou kyselinu askorbovou a redukci provedou během 1 minuty ve vroucí vodní lázni (Fogg, Wilkinson 1958). Při tomto způsobu stanovení fosforu ruší arseničnany, které se stanoví současně s fosforečnanů. Křemičitany ruší až ve vysokých koncentracích. Chceme-li provést stanovení fosforečnanů i v přítomnosti arseničnanů, pak musíme nejprve redukovat ionty AsO_4^{3-} na AsO_3^{3-} , nejlépe kyselinou siřičitanou NaHSO_3 (Pett 1933). Stanovení fosforečnanů i v přítomnosti křemičitanů lze provést tak, že ve vzorku nejprve stanovíme úhrnný obsah fosfátů a silikátů, poté stanovíme selektivně silikáty (v přítomnosti kyseliny vinné netvoří fosfáty s molybdenanem komplex, kdežto silikáty tvoří komplex molybdatosilikátový, který lze normálně redukovat na modré sloučeniny) a rozdíl výsledků obou stanovení udává pak hodnotu pro obsah fosfátů (Pjankov, Margolis 1952).

Při sledování obsahu různých typů fosforečných sloučenin v rostlinném materiálu vyzkoušeli jsme některé výše uvedené metody fotometrického stanovení fosfátů. Metoda Fiskeho a Subbarowa (1925) nedávala uspokojivé výsledky, neboť průběh celého stanovení závisí velmi citlivě na kvalitě použité směsi normálního a kyselého siřičitanu, jakož i na čistotě druhého redukčního činidla – kyseliny 1-amino-2-naftol-4-sulfonové. Všechny tyto uvedené chemikálie podléhají snadno oxidaci vzdušným kyslíkem (zejména nejsou-li dobře vysušené) a jejich kvalita se různí podle výrobce, doby skladování apod. Rovněž modré barvivo, vznikající redukcí molybdatofosfátového komplexu, nebylo v roztoku příliš stálé (jen asi 30 minut). Navíc po přidávku redukčního činidla vznikala v některých extraktech (hlavně z rezervních orgánů klíčnicích rostlin) sraženina, která adsorbovala modré barvivo. Lépe se nám osvědčila modifikovaná metoda (Allen 1950), kdy se modré barvivo vytřepává do izobutanolu. Postup je však dosti zdoluhavý a hodí se nejlépe ke stanovení anorganického fosforu v extraktech z rostlinného materiálu (Jiráček, Kůtová, Leblková 1962). Při stanovení celkového fosforu v mineralizátech rostlinných pletiv bylo však nutno upravovat pH vzorku louhem, aby redukce na modré barvivo vůbec proběhla. Rovněž mineralizace rostlinného materiálu kyselinou chloristou, jak je často doporučována (Allen 1950, Bottcher, van Gent, Pries 1961) se nám neosvědčila, neboť někdy docházelo k výbuchům při mineralizaci rostlinného materiálu, zejména obsahoval-li analyzovaný vzorek lipidní podíly, jako tomu bylo kupř. u klíčnicích rostlin řepky. Ani použití směsi kyseliny chloristé s koncentrovanou kyselinou sírovou nezaručovalo bezpečné provedení mineralizace. Proto jsme použili k mineralizaci raději směs kyseliny sírové a dusičné (Jiráček, Kůtová, Leblková 1962), která zaručuje rychlé, dokonalé a přitom zcela bezpečné provedení

mineralizace biologického materiálu. Tento postup jsme dále poněkud upravili, aby byl ještě rychlejší, jak je dále uvedeno v metodické části této práce.

Ani metody používající SnCl_2 jako redukční činidlo (Pons, Guthrie 1946, Zeller 1949) nedávaly při stanovení anorganického fosforu uspokojivé výsledky, neboť sraženina vznikající v roztoku po přidávku redukčního činidla adsorbovala na svůj povrch modré barvivo, které nebylo možno extrahovat vytřepáním do izobutanolu a navíc se tato sraženina hromadila na rozhraní izobutanolové a vodné vrstvy v dělicí nálevce. V důsledku toho nebylo možno přesně oddělit obě vrstvy, a tak bylo vlastní stanovení zatíženo větší nebo menší chybou podle množství sraženiny v roztoku, které kolísalo od případu k případu (Leblová, Jiráček 1960, Leblová, Košťál 1962).

Metody používající jakožto redukční činidlo hydrochinon a směs kyselého a normálního siričitanu nevyhovují opět v důsledku proměnlivé čistoty používaných chemikálií, takže reprodukovatelnost výsledků získaných těmito metodami je velmi problematická.

Poměrně nejlépe vyhovující zdál se být postup používající k redukci molybdatofosfátového komplexu kyselinu askorbovou. Toto redukční činidlo je běžně dostupné jako farmaceutický výrobek, jehož čistota předepsaná lékopisem je plně vyhovující pro analytické účely. Vycházeli jsme z poznatků již dříve publikovaných (Chen, Toribara, Warner 1956, Fogg, Wilkinson 1958) a vypracovali jsme v naší laboratoři metodiku stanovení různých typů fosforečných sloučenin, dokonale vyhovující jak pro účely analýzy čistých látek, tak pro stanovení v biologickém, zejména rostlinném materiálu. Metodika je jednoduchá, časově nenáročná, přitom dostatečně spolehlivá, tudíž zvláště vhodná pro sériové analýzy biologického materiálu ve výzkumných i kontrolních laboratořích.

Metodiku jsme úspěšně použili při sledování obsahu různých frakcí fosforečných sloučenin v rostlinách kukuřice pěstovaných v polní kultuře, kdy jsme stanovovali přímo 7 forem fosforu a nepřímo, tj. výpočtem, další 3 formy. V rostlinách hrachu z polních kultur jsme sledovali 7 typů fosforečných látek a v klíčcích rostlin hrachu 5 typů (frakcí) fosforečných sloučenin.

MATERIÁL A METODIKA

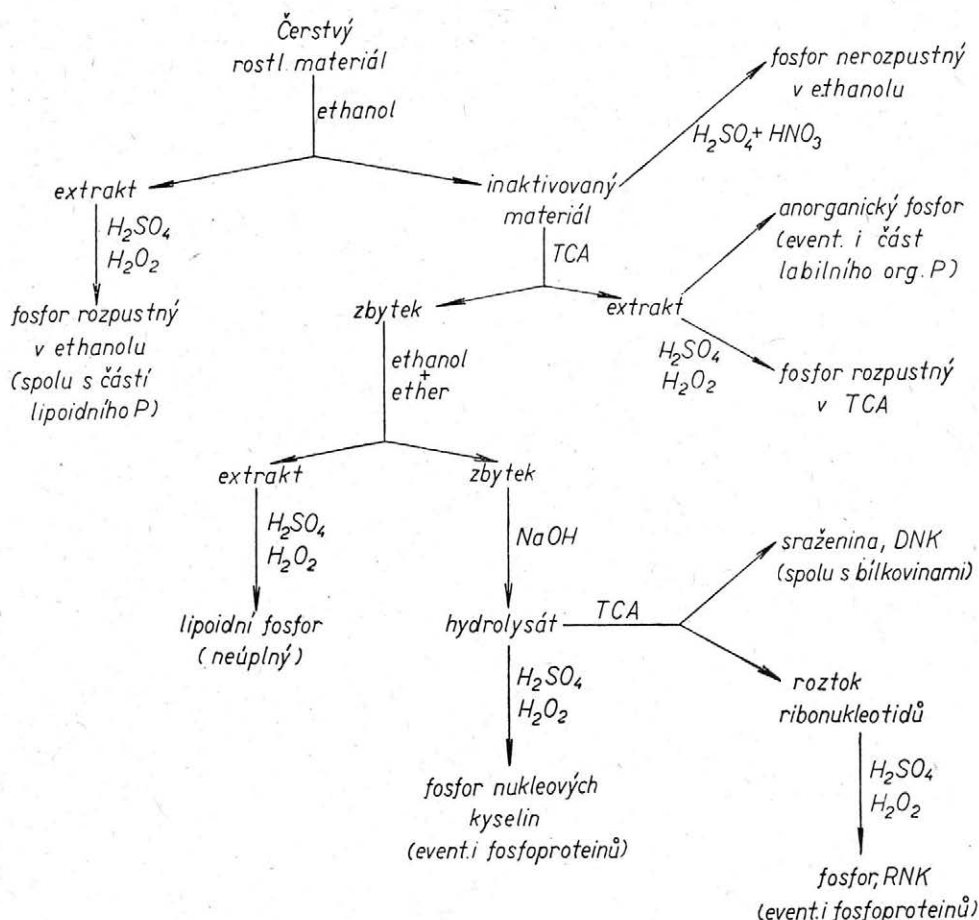
Pro pokusy s rostlinami v polní kultuře jsme použili kukuřiči odrůdy 'Koňský zub bílý' ze Šlechtitelské stanice v Lysé nad Labem a hrách 'Dětenický žlutý' (velkozrnný) ze Šlechtitelské stanice v Dětenicích. Kukuřice i hrách byly pěstovány na pokusném poli Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti ve Zbraslavi-Strnadlech.*) Kukuřice byla sklízena za 55 a 98 dní po výsevu, hrách za 53 a 74 dní.

Na základě předběžných pokusů byla jako nejvhodnější a zároveň nejjednodušší metoda frakcionace jednotlivých druhů fosforečných látek v rostlinném materiálu sledána metoda Večera a Matoška (Matoška, Večera 1962), která je modifikací již dříve popsaného postupu (Schmidt, Thannhauser 1945). My jsme popsanou metodu dále upravili v tom smyslu, že jsme stanovovali více typů fosforečných sloučenin, a to nikoli metodou Fiskeho a Subbarowa, ale vlastní metodou, a použili jsme poněkud zmíněného postupu při delipidaci analyzovaného materiálu, kromě některých dalších metodických úprav. Celý postup analýzy rostlinného materiálu je zjednodušeně uveden ve schématu 1.

V pokusech s klíčovými rostlinami hrachu jsme použili sortu 'Orlík' ze Šlechtitelské stanice v Kralci na Hané. Semena hrachu byla nakličována v Petriho miskách na filtračním papíru zalitým destilovanou vodou, při normální laboratorní teplotě na světle. Po 3 a 5 dnech klíčení byla analyzována celá klíčící semena, po 9 dnech byly dělohy, kořeny a osy klíčících rostlin odděleny a analyzovány samostatně. Přímě byl stanoven fosfor celkový, anorganický a v kyselině (trichloroctové) rozpustný. Výpočtem byly získány hodnoty pro obsah organického fosforu rozpustného v kyselině (fosfor rozpustný v kyselině minus fosfor anorganický) a nerozpustného v kyselině (celkový fosfor minus v kyselině rozpustný fosfor).

*) Za laskavou spolupráci při pěstování rostlin děkujeme p. ing. K. Hoškovi z radiobiol. oddělení UEB CSAV.

**) Kukuřice byla vyseta 3. 6. 1964, první sběr proveden 28. 7. druhý sběr 9. 9. 1964. Hrách byl zaset 2. 5. 1963, první sběr proveden 24. 6. 1963, druhý sběr 15. 7. 1963.



1. Postup systematické analýzy rostlinného materiálu na obsah různých frakcí fosforu. TCA = kyselina trichloroctová, RNK = kyselina ribonukleová, DNK = kyselina deoxyribonukleová

POSTUP PŘI SYSTEMATICKÉ ANALÝZE RŮZNÝCH FRAKČÍ FOSFORU V ROSTLINNÉM MATERIÁLU*)

Pokusné rostliny, pěstované na pokusném poli, byly přímo na poli zbaveny z největší části hlíny, zabaleny do polyetylenových sáčků, prosypány roztloučeným pevným kysličníkem uhlíčitým a uloženy do velkých termosových nádob, v nichž byly dopraveny ihned do laboratoře. V laboratoři byly ještě ve zmrazeném stavu odděleny kořeny a nadzemní část, omyty vodou, osušeny filtračním papírem a rychle rozstříhány a odváženy. Odvážený materiál byl vhozen do vroucího 96% ethanolu (na 150 g materiálu připadlo 450–500 ml ethanolu) a na vroucí vodní lázni ponecháno intenzivně vařit ještě 2–3 minuty. Pak byl materiál v horkém ethanolu ihned homogenizován v mixéru Pragomix při nejvyšší rychlosti (10 500 obrátek za minutu) po dobu 2 minut. Tímto postupem se pokud možno předešlo enzymatickému rozkladu nukleových kyselin, nukleotidů a jiných citlivých fosforečných sloučenin ve zkoumaném rostlinném materiálu. Po několikátýdenní extrakci za normální teploty ve tmě byl inaktivovaný homogenát odsát přes filtr na skleněné Büchnerově nálevce

*) Popsaný postup se hodí nejen pro vzrostlé rostliny, jak zde popisujeme, ale také pro klíčící rostliny (celé nebo jejich jednotlivé orgány).

a tkáňová drť na filtru promývána tak dlouho 70% etanolem, až protékající kapalina byla již bezbarvá. Etanolický extrakt byl odpařen destilací ve vakuu ve vodní lázni při 40–50 °C téměř do sucha. Sirupovitý zbytek byl rozpuštěn v 70% etanolu na objem 20 ml. Tkáňová drť byla dobře vysušena při 40 °C v sušárně, zvážena a uchovávána v zatavených polyetylenových sáčcích.

Do skleněných centrifugačních kyvet (obsah 50 ml) byl odvážen přesně 1 g vysušeného inaktivovaného rostlinného materiálu, jehož příprava byla výše uvedena. Kyvety byly vloženy do nádoby s jemně roztlučeným ledem a po 10 minutách bylo do nich pipetou přidáno 15 ml 7% kyseliny trichloroctové, vychlazené na 0 °C. Extrakce probíhala 30 minut, přičemž byl materiál dobře roztírán skleněnou tyčinkou. Pak byl nerozpuštěný zbytek odsát na skleněné Büchnerově nálevce přes analytický papírový filtr, promyt 5 ml vychlazené (na 0 °C) 1% kyseliny trichloroctové a pak dvakrát po 10 ml vychlazené destilované vody. Spojené filtráty byly doplněny v odměrné baňce do 50 ml destilovanou vodou. V části tohoto extraktu, obsahujícího převážně anorganické fosfáty, fosforečné estery cukrů a nukleotidy kromě jiných fosfor neobsahujících látek, byl ihned stanoven *anorganický fosfor*. Je nutno si ovšem uvědomit, že do této frakce přejde i fosfát, odštěpený i za těchto velmi šetrných podmínek přípravy extraktu, z labilních cukerných fosfátů a některých zvláště labilních nukleotidů.*) Po mineralizaci byl v extraktu stanoven *fosfor rozpustný v kyselině trichloroctové*. Rozdíl obou hodnot označujeme jako *organický fosfor rozpustný v kyselině trichloroctové*.

Zbytek rostlinné hmoty na filtru přeneseme kvantitativně zpět do centrifugačních kyvet a přelijeme 15 ml směsí etanol–éter (3 : 1), uzavřeme gumovou zátkou (dříve dobře vyvařenou etanolem a éterem, aby se odstranily extraktivní látky) opatřenou účinným zpětným vodním chladičem, a uvedeme ve vodní lázni na 2 minuty do intenzivního varu. Extrakt odlijeme opatrně přímo do Kjeldahlovy baňky (obsah 100 ml), extrakci rostlinné hmoty provedeme ještě dvakrát, vždy 10 ml směsí etanol–éter (1 : 1) stejným způsobem a extrakty slijeme do téže Kjeldahlovy baňky (obsahující první extrakt). Kjeldahlovou baňku postavíme na předem vyhřáté písčové lázni a extrakt odpaříme na malý objem; po mineralizaci v něm stanovíme *lipoidní fosfor*. Tato hodnota je však zatížena určitou chybou, neboť část lipoidního fosforu přechází do etanolu, jímž byl čerstvý rostlinný materiál extrahován.

Delipidovaný materiál v centrifugačních zkumavkách necháme na vzduchu vyschnout, pak k němu přidáme 16 ml 1 N NaOH a kyvety, uzavřené gumovými zátkami, ponecháme 15 hodin při 37 °C v termostatu. Pak odsajeme na Büchnerově nálevce přes analytický papírový filtr, zbytek na filtru promyjeme 14 ml 0,2 N NaOH a pak 10 ml destilované vody. Spojené filtráty doplníme v odměrné baňce do 50 ml destilovanou vodou a v části tohoto roztoku stanovíme po mineralizaci *fosfor nukleových kyselin*.***) Pro stanovení fosforu RNK odebereme z alkalického roztoku 25 ml, přeneseme do nových kyvet a okyselíme 6 N HCl na pH 4–5 (kyselinu přidáváme po malých kapkách a za intenzivního míchání) a pak vychladíme v lednici. K dobře vychlazenému roztoku přidáme opatrně a za důkladného míchání skleněnou tyčinkou 3 ml 25% roztoku kyseliny trichloroctové. Roztok se zakalí a zvolna začne vypadat sraženina desoxyribonukleové kyseliny (DNK). Aby se DNK vysrážela kvantitativně, ponecháme kyvety v lednici přes noc. Pak sraženinu oddělíme centrifugací nebo filtrací přes hustý analytický papír, promyjeme malým množstvím 2,5% roztoku kyseliny trichloroctové a filtráty jímáme do Kjeldahlovy baňky (obsah 100 ml). Po mineralizaci stanovíme *fosfor ribonukleové kyseliny (RNK)*.**).

Sraženina DNK obsahuje též bílkoviny, což potvrdily i výsledky chromatografické analýzy hydrolyzátu sraženiny (6 N HCl 48 hodin při 110 °C), v němž byly nalezeny všechny běžné aminokyseliny. Hodnoty pro fosfor desoxyribonukleové kyseliny (DNK) byly proto získány raději výpočtem: odečtením hodnot obsahu *fosforu RNK* od hodnot obsahu fosforu nukleových kyselin (DNK + RNK).

*) Někteří autoři sražejí anorganický fosfát hořečnatou solucí jako fosfát hořečnat-amonný, aby tak oddělili anorganický fosfát původně v extraktu přítomný od fosfátu odštěpeného z organických sloučenin. Na vzniklou sraženinu se však adsorbují organické fosfáty a tak je tento postup zatížen určitou chybou a nebyl proto námi použit.

**) V této frakci mohou být přítomny ve velmi malém množství i fosfatázy odštěpené z eventuálně přítomných fosfoproteinů. Lze je vysrážet ionty Mg^{2+} , při sražení může však dojít k adsorpci a tudíž ztrátě DNK.

V kořenech bylo možno stanovit pouze *fosfor nukleových kyselin*, neboť se nepodařilo DNK z roztoku vysrážet a došlo pouze ke vzniku zákalu. Obsah DNK bude pravděpodobně velmi malý a bylo by nutno vycházet z mnohem větších navážek výchozího materiálu, což v našem případě nebylo vždy možné.

U každého vzorku materiálu byl vždy stanoven celkový obsah fosforu v inaktivovaném (tj. etanolem vyextrahovaném) rostlinném materiálu po mineralizaci, čímž byly získány hodnoty obsahu fosforu v *etanolu nerozpustného*. V etanolovém extraktu rostlinného materiálu byl pak mineralizací stanoven obsah fosforu v *etanolu rozpustného*. Součtem obou těchto hodnot dostáváme hodnotu pro obsah *celkového fosforu*.

Jelikož vlastní stanovení fosforu se děje výhradně ve formě anorganického fosfátu, je nutno veškeré frakce fosforu (s výjimkou anorganického fosforu) mineralizaci naň převést. Tak fosfor v etanolu nerozpustný nutno mineralizovat směsí kyseliny sírové a dusičné, kdežto fosfor lipoidní, rozpustný v kyselině trichloroctové, rozpustný v etanolu a fosfor nukleových kyselin a RNK mineralizujeme kyselinou sírovou a 30% peroxidem vodíku.

STANOVENÍ FOSFORU PO MINERALIZACI SMĚSI KYSELINY SÍROVÉ A DUSIČNÉ

Do Kjeldahlových baněk (obsah 100 ml) navážíme 0,5 g tkáňové drti (tzv. inaktivovaný rostlinný materiál, jehož příprava byla již výše uvedena) a přilijeme 5 ml koncentrované kyseliny sírové (p. a.) a 10 ml 65% kyseliny dusičné. K zabránění utajení varu při mineralizaci vhodíme do baňky 2 malé skleněné kuličky. Baňky zahříváme na pískové lázni v dobře táhnoucí digestoři tak, aby obsah klidně vřel a teplota lázně nepřestoupila 200 °C. Jakmile se přestanou vyvíjet červené nitrozní plyny a kapalina v baňce má žlutou barvu, snížíme poněkud teplotu lázně a velmi opatrně přidáváme po stěně po malých kapkách z pipety předestilovaný 96% etanol tak dlouho, až se rozloží poslední zbytky kyseliny dusičné a kapalina začne hnědnout. Potom zvýšíme teplotu lázně opět na 200 °C a opět velmi opatrně přidáváme po stěně po kapkách 30% peroxid vodíku tak dlouho, až již mineralizát i po vyvaření až na objem původně přidané kyseliny sírové (asi 5 ml) zůstane zcela bezbarvý a neuvolňují se bublinky kyslíku z nadbytečného peroxidu vodíku. Jakmile ustane var mineralizátu a začnou mírně unikat bílé dýmy kyseliny sírové, ihned baňky vyjmeme z pískové lázně a necháme je vychladnout. Při dalším zahřívání došlo by již ke ztrátám kyseliny fosforečné vytěkáním. Při správném provedení mineralizace je vychladlý obsah baněk zcela bezbarvý. Vychladlý mineralizát zředíme opatrně 20 ml destilované vody přímo v Kjeldahlově baňce, po ochlazení převedeme do odměrné baňky (50 ml) a doplníme destilovanou vodou po značku. Takto zředěný mineralizát použijeme ke stanovení fosforu.

0,5 až 1 ml tohoto mineralizátu pipetujeme do kalibrovaných zkumavek (25 ml), doplníme 16% kyselinou sírovou na objem 5 ml a zahříváme 10 minut ve vroucí vodní lázni, aby se rozložil pyrofosfát eventuálně vzniklý při mineralizaci. Po ochlazení zředíme roztok destilovanou vodou na 18 ml a přidáme (nejlépe z byrety) 1 ml 2,5% vodného roztoku molybdenanu amonného a 1 ml roztoku kyseliny askorbové,*) uzavřeme polyetylenovou zátkou a dobře ihned promícháme. Zkumavky (odzátkované) pak umístíme do intenzivně vroucí vodní lázně na 2 minuty, čímž vznikne modré barvivo. Ponecháme ochladit a pak doplníme destilovanou vodou do 25 ml. Extinkci modře zbarvených roztoků měříme při 700 nm. Měření možno provést obecně v oblasti 560–700 nm. Celou sérií měření včetně zhotovení kalibrační křivky nutno ovšem provést při stejné vlnové délce. V naší laboratoři jsme měřili extinkce na spektrofotometru SFM-2 (Rukov), resp. Spekol (G. Zeiss, Jena – NDR).

Hodnoty potřebné ke zhotovení kalibrační křivky získáme mineralizací standardního fosfátového roztoku.**)

*) V odměrné baňce na 100 ml rozpustíme v destilované vodě 5 g kyseliny askorbové a doplníme vodou po značku. Roztok má být denně čerstvý.

**) 4,3988 g KH_2PO_4 , vysušeného při 85 °C rozpustíme v odměrné baňce (100 ml) v destilované vodě a doplníme vodou po značku. Přidáme kapku chloroformu ke konzervaci a uchováme v chladničce. 1 ml roztoku obsahuje 1 mg fosforu.

STANOVENÍ FOSFORU PO MINERALIZACI KYSELINOU SÍROVOU A 30% PEROXIDEM VODÍKU

Při stanovení fosforu rozpustného v kyselině trichloroctové a fosforu nukleových kyselin bylo do Kjeldahlových baněk pipetováno 10 ml roztoku, kdežto při stanovení fosforu lipidního a fosforu RNK byl použit veškerý roztok. Při stanovení fosforu rozpustného v etanolu bylo pipetováno 1,5 ml extraktu (což odpovídá extraktu z asi 11 g čerstvé hmoty). Ke vzorkům bylo přidáno 2,5 ml koncentrované kyseliny sírové (p. a.) a baňky zahřívány na pískové lázni při teplotě 200 °C (zpočátku zahříváme mírněji, až se vyvaří voda původně ve vzorku obsažená). Černohnědý obsah baněk oxidujeme opatrným přikapáváním 30% peroxidu vodíku (p. a.)* až do úplného vyjasnění a vyvaření, resp. rozložení nadbytečného peroxidu vodíku (nesmíme unikat bublinky kyslíku při zahřívání). Po vychladnutí bezbarvý mineralizát zředíme destilovanou vodou do 25 ml v odměrné baňce. Ke stanovení fosforu bereme podle potřeby 1 až 3 ml a postupujeme stejně jako při stanovení v mineralizátu získaném použitím směsi kyseliny sírové a dusičné.

STANOVENÍ ANORGANICKÉHO FOSFORU

1 až 2 ml trichloroctového extraktu inaktivovaného rostlinného materiálu vneseme do kalibrovaných zkumavek (25 ml), přidáme 5 ml 16% kyseliny sírové, doplníme do 18 ml destilovanou vodou a přidáme 1 ml 2,5% roztoku molybdenanu amonného a 1 ml roztoku kyseliny askorbové. Zkumavky uzavřeme polyetylenovými zátkami, dobře promícháme a odzátkované postavíme na 2 minuty do intenzivně vroucí vodní lázně. Po vyjmutí z lázně necháme zkumavky vychladnout a roztok doplníme destilovanou vodou do 25 ml.

Ke kalibraci pipetujeme do zkumavek (25 ml) 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 a 0,5 ml zředěného (1 : 10) standardního fosfátového roztoku, což odpovídá 10, 20, 30, 40 a 50 µg P na kalibrační křivce. Postup stanovení je stejný jako u pokusných vzorků.

Kalibrační křivku pro anorganický fosfor můžeme použít i pro ostatní formy (frakce) fosforu, neboť při správně provedené „mineralizaci“ standardního fosfátového roztoku nedojde ke ztrátě fosforu vytěkáním, a tudíž dostaneme výsledky stejné jako při postupu bez mineralizace. Mineralizací standardního fosfátového roztoku provádíme spíše jako kontrolu jejího správného provedení.

STANOVENÍ NĚKTERÝCH FRAKcí FOSFORU V KLÍČNÍCH ROSTLINÁCH**)

Při výzkumu metabolismu fosforečných látek v klíčních rostlinách hrachu sledovali jsme jen některé frakce fosforu a použili jsme k analýze čerstvého materiálu. Ke stanovení celkového fosforu, který jsme v tomto případě stanovovali přímo, brali jsme 1 g rostlinné hmoty (celých klíčních rostlin po 3 a 5 dnech klíčení; děloh, kořenů a os u rostlinek klíčících 9 dní) a mineralizaci provedli směsí kyseliny sírové a dusičné (1 : 1, popř. 1 : 2) stejným způsobem jako při stanovení fosforu v etanolu nerozpustného. Rovněž zředění a další zpracování mineralizátu bylo stejné jako u fosforu nerozpustného v etanolu.

Pro stanovení anorganického a v kyselině trichloroctové rozpustného fosforu jsme použili extraktu klíčních rostlin 0,25 M roztokem kyseliny trichloroctové. 3 g rostlinného materiálu (čerstvého) jsme rozetřeli ve skleněné třence s 10 ml leďového 0,25 M roztoku kyseliny trichloroctové na jemnou kaši a ponechali 5 minut extrahovat. Pak jsme homogenát zfiltrovali přes skládaný analytický filtr (možno též odsát přes skleněný sitr, ale postup ten je zdoluhavější a extrakty obvykle pěň), promyli 5 ml 10% roztoku kyseliny trichloroctové a v odměrné baňce (50 ml) doplnili destilovanou vodou po značku. Ke stanovení anorganického fosforu jsme brali u extraktů z celých klíčních rostlin 3 až 5 ml, u děloh, kořenů a os klíčních rostlin 2 až 3 ml extraktu do kalibrovaných zkumavek (25 ml), přidali 5 ml 16% kyseliny sírové a dále postupovali jako při práci s extraktem z inaktivovaného (suchého) rostlinného materiálu.

*) Nejlépe se nám osvědčily výrobky firem E. Merck (Darmstadt, NSR) a Reanal (Budapest, MLR).

**) Na vypracování této metodiky se podílela též dr. S. Lebllová z katedry biochemie přírodovědecké fakulty KU.

Ke stanovení fosforu rozpustného v kyselině trichloroctové brali jsme 3 až 5 ml trichloroctového extraktu a v Kjeldahlových baňkách (50 ml) mineralizovali s 2,5 ml koncentrované kyseliny sírové *p. a.* a potřebným množstvím 30% peroxidu vodíku *p. a.*, stejně jako tomu bylo při práci s extrakty z inaktivované suché rostlinné hmoty. Mineralizát byl zředěn do 25 ml a k vlastnímu fotometrickému stanovení fosforu brali jsme 5 ml do kalibrovaných zkumavek (25 ml). Zahřívali jsme 10 minut ve vroucí vodní lázni, ochladili, doplnili destilovanou vodou do 18 ml, přidali 1 ml 2,5% roztoku molybdenanu amonného a 1 ml roztoku kyseliny askorbové. Pak jsme dobře promíchali, zahřáli 2 minuty ve vroucí vodní lázni, ochladili a doplnili destilovanou vodou do 25 ml. Po promíchání měřena extinkce proti slepému pokusu při 700 nm.

Chceme-li stanovit tzv. labilní („7minutový“) organický fosfor v extraktu rostlinné hmoty 0,25 M kyselinou trichloroctovou, pak do kalibrovaných zkumavek (25 ml) pipetujeme 2 (popř. 3) ml tohoto extraktu, přidáme 3 (popř. 4,5) ml 16% kyseliny sírové a zahříváme ve vroucí vodní lázni 7 minut. Poté ochladíme ve studené vodě, přidáme 2 ml 16% kyseliny sírové (popř. 0,5 ml 16% kyseliny sírové, jestliže jsme vzali do práce 3 ml extraktu), doplníme destilovanou vodou do 18 ml, přidáme 1 ml 2,5% roztoku molybdenanu amonného a 1 ml roztoku kyseliny askorbové, načež zahříváme ve vroucí vodní lázni 2 minuty. Pak doplníme destilovanou vodou do 25 ml, promícháme a měříme extinkci proti slepému vzorku při 700 nm. Získaná hodnota odpovídá souhrnu labilního a anorganického fosforu; známe-li obsah anorganického fosforu, pak výpočtem získáme obsah labilního („7minutového“) fosforu. Obsah labilního fosforu značně kolísá, závisí na rychlosti zpracování trichloroctového extraktu, kdy dochází k hydrolýze labilních fosforečných esterů, čímž narůstá obsah anorganického fosfátu. Z tohoto důvodu výsledky stanovení obsahu této frakce neuvádíme.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Jak již bylo v úvodu řečeno, většina fotometrických metod stanovení fosforu v biologickém materiálu z těch či oněch důvodů plně nevyhovuje požadavkům pracovníků ve výzkumných i kontrolních laboratořích. V naší laboratoři jsme vyzkoušeli řadu popsaných metod při stanovení obsahu různých typů fosforečných sloučenin v biologickém, zejména rostlinném materiálu. Na základě vlastních zkušeností jsme vypracovali metodu stanovení různých typů fosforečných látek v rostlinném materiálu po převedení na anorganický fosfát spektrofotometricky. Tuto metodu jsme pak uplatnili při systematické analýze různých frakcí fosforu v rostlinném materiálu.

Vycházeli jsme v podstatě z prací Fogga a Wilkinsona (1958) a Chena, Toribary a Warnera (1956). Na rozdíl od uvedených autorů jsme celé stanovení upravili tak, aby bylo rychlé, jednoduché a proveditelné v běžných výzkumných i kontrolních laboratořích a hodilo se i pro sériové analýzy. Jako redukční činidla jsme použili kyseliny askorbové stejně jako výše uvedení autoři, ovšem ve formě vodného roztoku (5 g ve 100 ml roztoku), což dovoluje přesné dávkování z pipety, popřípadě byrety při sériových analýzách. Roztok kyseliny askorbové je v lednici stálý asi 2 dny. lépe je však používat denně čerstvý roztok. Roztok molybdenanu amonného (2,5% roztok ve vodě) je v tmavé láhvi při normální laboratorní teplotě stálý několik měsíců. Potřebný roztok kyseliny sírové (16%) je stálý prakticky neomezeně. Redukci molybdatofosfátového komplexu provádíme zahřátím zkumavek se zkoumanými vzorky v intenzívně vroucí vodní lázni po dobu 2 minut. Tím se doba potřebná k provedení celého stanovení redukuje na minimum. Stabilita modrého barviva je za těchto okolností zaručena minimálně po dobu 18 hodin. Extinkci zkoumaných roztoků měříme při 650 až 700 nm. Danou sérii měření provedeme ovšem vždy při stejné vlnové délce, při jaké jsme měřili extinkci roztoků standardních vzorků fosforu při zhotovování kalibrační křivky.

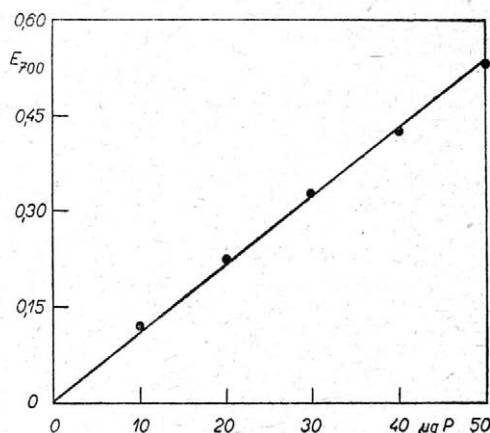
Při stanovení anorganického fosforu v extraktech děloh klíčních rostlin hra-

chu naším způsobem nedochází, na rozdíl od stanovení jinými metodami, po přidavku redukčního činidla (kyseliny askorbové) k tvorbě sraženiny, nanejvýše jen k nepatrnému zákalu, který po konečném zahřátí ve vroucí vodní lázni (2 minuty) mizí.

Při stanovení fosforu celkového, rozpustného v kyselině trichloroctové či etanolu, nerozpustného v etanolu, lipidního a fosforu vázaného v nukleových kyselinách jsme vzorky mineralizovali buď směsí kyseliny sírové a dusičné (1:1, popř. 1:2) (jako je tomu třeba při stanovení fosforu celkového a nerozpustného v etanolu) (Jiráček, Kůtová, Leblková 1962), nebo kyselinou sírovou a 30 % peroxidem vodíku, jehož nadbytek se snadno odstraní vyvařením, jako je tomu při stanovení fosforu v různých extraktech. Pokusně jsme potvrdili, že kalibrační křivka pro stanovení anorganického fosforu je zcela totožná s kalibračními křivkami pro všechny formy fosforu stanovované po mineralizaci. Při mineralizaci podle námi popsaného postupu nedochází ke ztrátám fosforu ve vzorcích, takže není nutno provádět mineralizaci standardních vzorků fosforu a tudíž lze pro stanovení různých forem fosforu použít univerzální kalibrační křivku získanou postupem popsaným při stanovení anorganického fosforu.

Abychom ověřili přesnosti stanovení fosforu naší metodou, analyzovali jsme jednak vzorky se známým obsahem fosforu (ve formě KH_2PO_4), jednak mineralizát kořenů 9 dní starých etiolovaných klíčků rostlin hrachu, popřípadě s přidavkem známého množství standardního roztoku fosfátu. Výsledky uvedené v tabulce I ukazují, že relativní chyba stanovení činí v průměru $\pm 4-6\%$. Kalibrační křivka má přesně lineární průběh v rozmezí 0–50 $\mu\text{g P}$ (gr. 1), ve vyšších koncentracích není obvykle závislost extinkce na koncentraci fosforu lineární.

Vypracovanou metodiku stanovení fosforu jsme pak použili při systematické analýze rostlinného materiálu na obsah různých forem fosforu. Výsledky stanovení různých forem fosforu v klíčcích rostlinách hrachu jsou uvedeny v tabulce II, přičemž hodnoty jsou v dobré shodě s výsledky dříve uveřejněnými (Jiráček, Kůtová, Leblková 1962). Hodnoty obsahu různých forem fosforu, stanovené v rostlinách hrachu a kukuřice z polních kultur, jsou uvedeny v tabulce III. Při stanovení fosforu v hrachu a kukuřici z polních kultur jsme vycházeli v podstatě z metodiky Matoška a Večera (1962), kterou jsme upravili pro stanovení všech hlavních forem fosforu v rostlinném materiálu. Pozměnili jsme též způsob delipidace: místo směsi chloroformu s etanolem*) jsme použili směs etanolu s éterem (1:1); tuto směs ovšem v poměru 2:1 použili též Smillie a Krotkov (1960), kteří na závěr extrahovali fosfolipidy éterem. Extrakci vzorků prováděli ovšem jen 20 vteřin, což se nám nezdálo být dostatečné. My jsme extrakci lipidního fosforu prováděli varem se směsí eta-



2. Kalibrační křivka pro stanovení anorganického fosfátu

*) Docházelo k přehřívání roztoku a bouchání. Extrahovaný materiál se dostával do chladice a špatně splachoval zpět do květy.

L. Přesnost stanovení obsahu fosforu ve vzorcích standardního fosfátu a mineralizátu kořenů 9 dní starých klíčících rostlin hrachu

Obsah P ve vzorku v μg	Nalezené hodnoty obsahu P v μg	Průměr nalezených hodnot a jeho střední odchylka	Průměrná relativní chyba stanovení v %
20 20 20 20 20	21,5 21,0 21,0 20,0 21,0	$20,9 \pm 0,24$	+ 4,5
30 30 30 30 30	31,5 29,5 30,0 31,5 31,5	$30,8 \pm 0,43$	+ 2,7
40 40 40 40 40	40,0 40,0 41,0 40,0 41,0	$40,4 \pm 0,24$	+ 1,0
50 50 50 50 50	51,0 49,0 48,5 49,0 48,5	$49,2 \pm 0,46$	- 1,6
Mineralizát Mineralizát	8,0 7,4	$7,7 \pm 0,38$	—
Mineralizát + 20 $\mu\text{g P}$ Mineralizát + 20 $\mu\text{g P}$	27,0 27,5	$27,25 \pm 0,31$	- 1,6
Mineralizát + 40 $\mu\text{g P}$ Mineralizát + 40 $\mu\text{g P}$	45,0 45,0	$45,0 \pm 0,0$	- 5,6

nol—éter (3 : 1) a (1 : 1) vždy 2 minuty, celkem třikrát. Za těchto podmínek jsou extrahovány fosfolipidy zcela spolehlivě.

Výsledky našich analýz obsahu nukleových kyselin (na základě stanovení jejich obsahu fosforu) jsou mnohem spolehlivější než výsledky dosažené jinými metodami (O g u r, R o s e n 1950, Š o r m o v á 1961), které jsme v naší labo-

II. Obsah různých frakcí fosforu v klíčících rostlinách hrachu
(TCA = kyselina trichloroctová)

Stanovené formy fosforu	Stáří rostlin									
	3 dny		5 dní		9 dní					
	celé rostliny		celé rostliny		dělohy		kořeny		osy	
	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny
Celkový	0,312	0,821	0,304	0,984	0,260	0,701	0,168	1,469	0,172	1,456
Celkový roz- pustný v TCA	0,060	0,157	0,068	0,220	0,083	0,225	0,111	0,970	0,068	0,576
Anorganický	0,012	0,033	0,022	0,071	0,033	0,090	0,047	0,411	0,034	0,291
Organický roz- pustný v TCA	0,048	0,124	0,046	0,149	0,050	0,135	0,064	0,559	0,034	0,285
Organický neroz- pustný v TCA	0,252	0,664	0,236	0,764	0,177	0,476	0,057	0,499	0,104	0,880

ratoři prověřovali (V o t r u b a 1964). Hodnoty uvedené pro obsah fosforu RNK jsou však zatíženy určitou, ovšem velmi malou chybou, neboť spolu s RNK se hydrolyzují a popřípadě přítomné fosfoproteiny, jejichž obsah fosforu zvyšuje pak hodnotu obsahu fosforu v RNK. Přesnějších výsledků lze dosáhnout oddělením ribonukleotidů z alkalického hydrolyzátu směsi RNK a DNK na iontoměniči (anexu), jak doporučili S m i l l i e a K r o t k o v (1960), ovšem v tomto případě je celý analytický postup zdoluhavější a pro sériovou práci málo vhodný. Uvedení autoři našli v listech zralého hrachu ve 100 g čerstvé hmoty 14 mg fosforu RNK a 1,04 mg fosforu DNK, takže poměr $P_{RNK} : P_{DNK}$ měl hodnotu 13,46. My jsme našli v nadzemní části (listy s lodyhami) hrachu v počínajícím květu 8,22 mg P_{RNK} a 0,7 mg P_{DNK} (na 100 g čerstvé hmoty), čili poměr $P_{RNK} : P_{DNK}$ byl tedy 11,74. Naše hodnoty jsou poněkud nižší, což je zaviněno okolnostmi, že jsme analyzovali listy společně s lodyhami, jež jsou metabolicky méně aktivní než listy, a to hlavně u starších rostlin. I tak jsou však výsledky naše i uvedených autorů celkem dobře srovnatelné.

Závěrem lze oprávněně konstatovat, že námi vypracovaná metodika systematické analýzy fosforečných látek ve vyšších rostlinách je mnohem jednodušší a přitom spolehlivější než řada již popsaných metod. Vlastní fotometrické stanovení fosfátu dává spolehlivé a dobře reprodukovatelné výsledky i při analýze klíčících rostlin, kdy ostatní metody (F i s k e, S u b b a r o w 1925, B e r e n b l u m, C h a i n 1938, K u t t n e r, L i c h t e n s t e i n 1930) obvykle nedávají dobré výsledky, přesto však jsou při analýze fosforečných látek v rostlinném materiálu často používány (H o l d e n 1952, P u s z t a i 1965). V naší laboratoři jsme provedli již několik tisíc stanovení různých forem fosforu a přesnost stanovení se pohybovala vždy kolem $\pm 4-6\%$. Popsaná metodika dává dobře reprodukovatelné výsledky a lze jí s úspěchem použít při sériových analýzách biologického, zejména rostlinného materiálu.

III. Obsah různých forem fosforu v rostlinách

Druh rostliny	Stáří rostlin (od výsevu)	Rostlinné orgány	Stanovené							
			Fosfor celkový		Fosfor nerozpustný v etanolu		Fosfor rozpustný v etanolu*)		Fosfor rozpustný v TCA	
			% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny
Kukuřice	55 dní	kořeny	0,0101	0,0699	0,0088	0,0605	0,0013	0,0094	0,0025	0,0170
		nadzemní část	0,0238	0,1546	0,0218	0,1413	0,0020	0,0133	0,0091	0,0592
	98 dní	kořeny	0,0081	0,0622	0,0074	0,0566	0,0007	0,0056	0,0032	0,0244
		nadzemní část	0,0339	0,1368	0,0308	0,1241	0,0031	0,0127	0,0171	0,0690
Hrách	53 dní	kořeny	0,0159	0,1733	0,0152	0,1657	0,0007	0,0076	0,0043	0,0473
		nadzemní část	0,0174	0,0998	0,0164	0,0941	0,0010	0,0057	0,0078	0,048
	74 dní	kořeny	0,0223	0,1769	0,0214	0,1698	0,0009	0,0071	0,0086	0,0686
		nadzemní část	0,0461	0,2278	0,0449	0,2219	0,0012	0,0059	0,0220	0,1088

Zkratky: TCA = kyselina trichloroctová
 RNK = kyselina ribonukleová
 DNK = kyselina desoxyribonukleová

Za kvalitní technickou spolupráci při analýzách rostlinného materiálu děkujeme s. Janu Smrtovi.

SOUHRN

Byla vypracována metodika systematické analýzy různých typů fosforečných sloučenin v biologickém materiálu, zejména rostlinném. Bylo v podstatě použito metody M a t o š k a a V e č e r a, která byla modifikována hlavně co do způsobu extrakce lipidního fosforu a vlastního stanovení anorganického fosfátu, na který byly všechny druhy organických sloučenin fosforu mineralizací převedeny.

Anorganický fosfát v extraktech i mineralizátech organických sloučenin fosforu byl stanoven fotometricky na základě měření extinkce modrého barviva vzniklého redukcí molybdatofosfátového komplexu kyselinou askorbovou. Mineralizace organických sloučenin fosforu byla prováděna buď směsí koncentrované

formy fosforu

Fosfor organický rozpustný v TCA		Fosfor anorganický		Fosfor lipidní**)		Fosfor nukleových kyselin***)		Fosfor RNK***)		Fosfor DNK	
% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny	% čerstvé hmoty	% sušiny
0,0002	0,0005	0,0023	0,0165	0,0012	0,0079	0,0035	0,0240				
0,0003	0,0018	0,0088	0,0574	0,0032	0,0204	0,0068	0,0442	0,0051	0,0335	0,0017	0,0107
0,0004	0,0031	0,0028	0,0213	0,0018	0,0136	0,0034	0,0263				
0,0012	0,0033	0,0159	0,0657	0,0046	0,0187	0,0081	0,0325	0,0069	0,0280	0,0012	0,0045
						0,0060	0,0658				
						0,0074	0,0426	0,0053	0,0302	0,0021	0,0124
						0,0070	0,0558				
						0,0089	0,0442	0,0082	0,0406	0,0007	0,0036

*) Tato frakce obsahuje i část fosforu lipidního.

**) Určitý podíl této frakce je obsažen ve frakci fosforu rozpustného v etanolu.

***) V těchto frakcích může být přítomen eventuálně i fosfor odstěpený z fosfoproteinů při alkalické hydrolyze RNK.

kyselinou sírovou a dusičnou v poměru 1 : 1 či 1 : 2, anebo koncentrovanou kyselinou sírovou a 30 % peroxidem vodíku při teplotě nepřesahující 200 °C, kdy nedochází k tékání kyseliny fosforečné, uvolněné z organických sloučenin fosforu při mineralizaci.

Metodou jsme analyzovali jednak vzrostlé rostliny kukuřice a hrachu, vypěstované na pokusném poli, jednak klíčící rostliny hrachu z laboratorního pokusu. Stanovovali jsme přímo fosfor anorganický, rozpustný i nerozpustný v 70–80 % etanolu, rozpustný v kyselině trichloroctové, lipidní a fosfor obsažený v nukleových kyselinách (ribonukleové spolu s desoxyribonukleovou, resp. v samotné ribonukleové). U klíčících rostlin byl přímo stanoven i fosfor celkový. Nepřímo, tj. výpočtem, byly stanoveny fosfor organický rozpustný i nerozpustný v kyselině trichloroctové, celkový a fosfor desoxyribonukleové kyseliny. Přesnost naší metody stanovení fosfátu v standardním vzorku mineralizátů rostlinného materiálu, popř. extraktů z něho, se pohybuje průměrně okolo $\pm 4-6$ %. Stálost modrého barviva, jehož extinkci v roztocích měříme, je relativně značná (minimálně 18

hodin), což umožňuje zpracovat i velké série pokusných vzorků. Metoda je vhodná po výzkumné i kontrolní laboratoře zabývající se stanovením obsahu fosforu v biologickém materiálu.

Došlo dne 16. 2. 1966

Literatura

1. ALLEN, R. J. L.: The estimation of phosphorus. = „Biochem. J.“, 34, 1940, s. 858-865. — 2. AMMON, R. - HINSBERG, K.: Colorimetrische Phosphor- und Arsen-säurebestimmung mit Ascorbinsäure. = „Hoppe-Seyler's Zeitschr. physiol. Chem.“, 239, 1936, s. 207-216. — 3. ASATIANI, V. S.: Biochimičeskaja fotometrija. Izdat. Akad. nauk SSSR, Moskva, 1957, s. 654-674. — 4. BARTLEY, W.: Efficiency of oxidative phosphorylation during the oxidation of pyruvate. = „Biochem. J.“, 54, 1953, s. 677-682. — 5. BELL, R. D. - DOISY, E. A.: Rapid colorimetric method for the determination of phosphorus in urine and blood. = „J. Biol. Chem.“, 44, 1920, s. 55-67. — 6. BERENBLUM, I. - CHAIN, E.: Studies on the colorimetric determination of phosphate. = „Biochem. J.“, 32, 1938, s. 286-294. An improved method for the colorimetric determination of phosphate. = „Biochem. J.“, 32, 1938, s. 295-298. — 7. BOTTCHE, C. J. F. - van GENT, C. M. - PRIES, A.: A rapid and sensitive sub-micro phosphorus determination. = „Anal. Chim. Acta“, 24, 1961, s. 203-204. — 8. BRIGGS, A. P.: A modification of the Bell-Doisy phosphate method. = „J. Biol. Chem.“, 53, 1922, s. 13-16. — 9. FISKE, C. H. - SUBBAROW, Y.: The colorimetric determination of phosphorus. = „J. Biol. Chem.“, 66, 1925, s. 375-400. — 10. FOGG, D. N. - WILKINSON, N. T.: The colorimetric determination of phosphorus. = „Analyst“, 83, 1958, s. 406-414. — 11. GING, N. S.: Extraction method for colorimetric determination of phosphorus in microgram quantities. = „Anal. Chem.“, 28, 1956, s. 1330-1333. — 12. HOLDEN, M.: The fractionation and enzymic breakdown of some phosphorus components in leaf tissue. = „Biochem. J.“, 51, 1952, s. 433-442. — 13. CHEN, P. S. jr. - TORIBARA, T. Y. - WARNER, H.: Microdetermination of phosphorus. = „Anal. Chem.“, 28, 1956, s. 1756-1758. — 14. JIRÁČEK, V. KUTOVÁ, J. - LEBLOVÁ, S.: Metabolismus klíčnicích rostlin hrachu. II. Metabolismus fosforu a cukrů v klíčících semenech hrachu. = „Rostlinná výroba“, 8, 1962, s. 903-918. — 15. KARLSON, P.: Základy biochemie. Český překlad Nakladat. ČSAV, Praha, 1966. — 16. KEIL, B. - ŠORMOVÁ, Z.: Laboratorní technika biochemie. Nakladat. ČSAV, Praha, 1959, s. 454-460. — 17. KING, E. J.: The colorimetric determination of phosphorus. = „Biochem. J.“, 26, 1932, s. 292-297. — 18. KUTTNER, T. - COHEN, H. R.: Microcolorimetric studies I. A molybdenic acid-stannous chloride reagent. The microestimation of phosphate and calcium in pus, plasma and spinal fluid. = „J. Biol. Chem.“, 75, 1927, s. 517-531. — 19. KUTTNER, T. - LICHTENSTEIN, L.: Microcolorimetric studies. II. Estimation of phosphorus: molybdenic acid-stannous chloride reagent. = „J. Biol. Chem.“, 86, 1930, s. 671-676. — 20. LANG, K. - LEHNARTZ, F. - SIEBERT, G.: Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. Springer Verlag, Berlin, 1955, s. 1. — 21. LEBLOVÁ, S. - JIRÁČEK, V.: Vliv organických isothiokyanátů na metabolismus rostlin. III. Vliv allylisothiokyanátu (AITK) na metabolismus dusíku, fosforu a cukrů v řepce (*Brassica napus*). = „Rostl. výroba“, 6, 1960, s. 1625-1638. — 22. LEBLOVÁ, S. - KOŠTÍŘ, J.: Vliv organických isothiokyanátů na metabolismus rostlin. IV. Vliv allylisothiokyanátu (AITK) na metabolismus fosforu, cukrů a ketokyselin v klíčících rostlinách hrachu. = „Rostlinná výroba“, 8, 1962, s. 919-928. — 23. LÉLOIR, L. F. - CARDINI, C. E.: Characterization of phosphorus compounds by acid lability. V kompendiu COLOWICK, S. P. - KAPLAN, N. O.: Methods in enzymology, díl III, s. 840 - Academic Press, New York, 1957. — 24. LOWRY, O. H. - LÓPEZ, J. A.: The determination of inorganic phosphate in the presence of labile phosphate esters. = „J. Biol. Chem.“, 162, 1946, s. 421-428. — 25. MALÁT, M.: Kolorimetrie. Naklad. ČSAV, Praha, 1956. — 26. MARTIN, J. H. - DOTY, D. M.: Determination of inorganic phosphate. Modification of isobutyl alcohol procedure. = „Anal. Chem.“, 21, 1949, s. 965-967. — 27. MATOŠKO, I. V. - VEČER, A. S.: O kolicestvennom opredelenii nukleových kislot po ich fosforu. = V: Fiziologija i biochimiija rastenij. Izdat. Akad. nauk BSSR, Minsk, 1962, s. 111-119. — 28. OGUR, M. - ROSEN, G.: The nucleic acids of plant tissues. I. The extraction and estimatoin of deoxypentose nucleic acid and pentose nucleic acid. = „Arch. Biochem. Biophys.“, 25, 1950, s. 262-276. — 29. PETT, L. B.: The determination of inorganic phosphate in the presence of arsenic. = „Biochem. J.“, 27, 1933, s. 1672-1676. — 30. PJANKOV, V. A. - MARGOLIS, E. G.: O sov-

městnom opredělení malých kolicestv silikátov a fosfatov v biologických objektach. = „Biochimija“, 17, 1952, s. 39-43. — 31. PONS, W. A. jr. - GUTHRIE, J. D.: Determination of inorganic phosphorus in plant materials. = „Ind. Eng. Chem. Anal. Edit.“, 18, 1946, s. 184-186. — 32. PUSZTAI, A.: Studies on the extraction of nitrogenous and phosphorus — containing materials from the seeds of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). = „Biochem. J.“, 94, 1965, s. 611-616. — 33. SCHMIDT, G. - THANNHAUSER, S. J.: A method for the detection of deoxyribonucleic acid, ribonucleic acid and phosphoproteins in animals tissues. = „J. Biol. Chem.“, 161, 1945, s. 93-89. — 34. SMILLIE, R. M. - KROTKOV, G.: The estimation of nucleic acids in some algae and higher plants. = „Canad. J. Botany“, 38, 1960, s. 31-49. — 35. ŠORMOVÁ, Z.: Biochemické aspekty stimulace rostlin. = „Rozpravy Čs. akad. věd, řada matem. a přír. věd“, 71, sešit 9. Nakladat. ČSAV, Praha, 1961, s. 1-50. — 36. VOTRUBA, L.: Vliv ionisujícího záření na obsah nukleových kyselin a jiných sloučenin fosforu ve vyšších rostlinách. Diplomová práce, Přírodověd. fakulta Karl. univ., Praha, 1964. — 37. WEIL-MALHERBE, H. - GREEN, R. H.: The catalytic effect of molybdate on the hydrolysis of organic phosphate bonds. = „Biochem. J.“, 49, 1951, s. 286-292. — 38. ZELLER, E. A.: Über Phosphatasen. I. Apparat zur Bestimmung von anorganischem Phosphat. = „Helv. Chim. Acta“, 32, 1949, s. 2512-2519.

Систематический анализ основных типов фосфорных соединений в растительном материале

Была разработана методика систематического анализа типов фосфорных соединений в биологическом материале, в особенности растительном. В сущности был применен метод Матосека и Вечера, который был модифицирован преимущественно в отношении способа экстракции липоидного фосфора и собственно определения неорганического фосфата, на который все виды органических соединений фосфора были переведены с помощью минерализации.

Неорганический фосфат в экстрактах и минерализатах органических соединений фосфора был установлен фотометрически на основе измерения экстинкции синего красителя, образовавшегося вследствие редукции молибдатофосфатного комплекса аскорбиновой кислотой. Минерализация органических соединений фосфора проводилась или смесью концентрированной серной и азотной кислоты (1:1 или 1:2), или концентрированной серной кислотой и 30 % перекисью водорода при температуре, не превышающей 200 °C, когда не происходит улетучивание фосфорной кислоты, высвобожденной из органических соединений фосфора при минерализации.

Нашим методом мы анализировали как взрослые растения кукурузы и гороха, выращенные на опытном поле, так и прорастающие растения гороха из лабораторного опыта. Мы устанавливали непосредственно неорганический фосфор, растворимый и нерастворимый в 70—80% этаноле, растворимый в трихлоруксусной кислоте, липоидный фосфор и фосфор, содержащийся в нуклеиновых кислотах (рибонуклеиновой вместе с дезоксирибонуклеиновой, или в чистой рибонуклеиновой кислоте). У прорастающих растений был непосредственно установлен также общий фосфор. Косвенно, т. е. путем вычисления, был установлен органический фосфор, растворимый и нерастворимый в трихлоруксусной кислоте, общий фосфор и фосфор дезоксирибонуклеиновой кислоты. Точность нашего метода установления фосфата в стандартном образце, минерализатах растительного материала или экстрактов из него, колеблется обычно около $\pm 4-6\%$. Постоянство синего красителя, экстинкцию которого в растворах мы измеряем, довольно значительно (не менее 18 часов), что позволяет обрабатывать и большие серии опытных образцов. Метод пригоден для исследовательских и контрольных лабораторий, занимающихся установлением содержания фосфора в биологическом материале.

Текст к таблицам

- I. Точность установления содержания фосфора в образцах стандартного фосфата и минерализатов корней девятидневных всходов гороха
- II. Содержание разных фракций фосфора во всходах растений гороха. (TCA = трихлоруксусная кислота)
- III. Содержание разных форм фосфора в растениях кукурузы и гороха из полевых культур

Текст к изображениям

1. Метод систематического анализа растительного материала на содержание различных фракций фосфора
2. Калибровочная кривая для установления неорганического фосфата

A Systematic Analysis of Fundamental Types of Phosphorus Compounds Occurring in Plant Material

A procedure has been elaborated for systematic analysis of phosphorus compounds in biological materials, particularly in plants. Essentially, the method of Matoško and Večer has been employed and modified as regards the kinds of lipid phosphorus extraction as well as the determination of inorganic phosphorus into which all organic phosphorus compounds were converted by mineralization.

Inorganic phosphorus was determined in extract and in mineralization products of organic phosphorus compounds by photometric estimation of the optical density of the blue colour resulted when reducing phosphomolybden complex by ascorbic acid. Organic phosphorus compounds were decomposed using either a mixture of concentrated sulphuric acid and nitric acid (1:1 or 1:2), or concentrated sulphuric acid and 30 p. c. hydrogen peroxide at a temperature not exceeding 200 °C, in order to avoid losses of the phosphoric acid liberated from organic phosphorus compounds during mineralization.

Having employed their method, the authors analysed partly well-developed plants of maize and pea grown on an experimental field, partly pea seedlings from a laboratory experiment. They determined directly the inorganic phosphorus, soluble and insoluble in 70–80 p. c. ethanol, soluble in trichloroacetic acid, lipid phosphorus and phosphorus bound in nucleic acids (ribonucleic acid together with deoxyribonucleic acid, or the former one alone). In seedlings also the total phosphorus was determined directly. Indirectly was estimated, by computation, the organically bound phosphorus soluble and insoluble in trichloroacetic acid, further the total phosphorus and deoxyribonucleic acid phosphorus. Author's phosphate estimation method shows an accuracy of $\pm 4-6$ p. c. when comparing standard samples, mineralization products from plant material or corresponding extracts. The stability of the blue colour, the optical density of which is measured, is comparatively great (18 hours at least); this makes possible to analyse even large series of samples. The method is useful for research as well as for controlling laboratories which analyse phosphorus in biological materials.

Text to the tables

- I. Accuracy of phosphorus analysis in samples of the standard phosphate and in mineralization products of roots of 9 days old pea seedlings
- II. Contents of various phosphorus fractions in pea seedlings (TCA = Trichloroacetic acid)
- III. Contents of various phosphorus forms in maize and pea plants grown under field conditions

Text to the figures

Chart 1. Processing a systematic analysis of various phosphorus fractions in plant material

Diagram 1. Standard curve for determination of the inorganic phosphate

Systematische Analyse der Grundtypen von Phosphorverbindungen im pflanzlichen Material

Eine Methodik der systematischen Analyse der Grundtypen von Phosphorverbindungen im biologischen, namentlich pflanzlichen Material wurde ausgearbeitet. Im wesentlichen wurde die Methode von Matoško und Večer benützt, bei welcher hauptsächlich die Lipoidphosphorextraktion und die eigentliche Bestimmung von anorganischem Phosphat, in welchen alle Arten organischer Phosphorverbindungen mittels Mineralisierung überführt worden sind, modifiziert wurde.

Das anorganische Phosphat in Extrakten und Mineralisaten von organischen Phosphorverbindungen wurde photometrisch bestimmt auf Grund einer Messung der Extinktion von blauem Farbstoff, welcher mittels Reduktion des Molybdatphosphatkomplexes durch Ascorbinsäure entstanden ist. Die Mineralisierung von organischen Phosphorverbindungen wurde entweder durch eine Mischung von konzentrierter Schwefel- und Salpetersäure (1:1 oder 1:2) oder durch konzentrierte Schwefelsäure und 30%igem Wasserstoffperoxyd bei einer Temperatur, die nicht

200 °C überschreitet, durchgeführt; so daß keine Flüchtigkeit der aus organischen Verbindungen bei der Mineralisation freigesetzter Phosphorsäure stattfindet.

Mit Hilfe unserer Methode haben wir sowohl am Versuchsfelde angebaute erwachsene Mais- und Erbsenpflanzen als auch Keimpflanzen der Erbse aus dem Laborversuch analysiert. Wir haben anorganischen Phosphor, in 70–80%igen Äthylalkohol löslichen und unlöslichen, weiters in der Trichloressigsäure löslichen und Lipoid-Phosphor und in den Nukleinsäuren (Ribonukleinsäure mit Desoxyribonukleinsäure bzw. nur in Ribonukleinsäure) enthaltenen Phosphor direkt bestimmt. Bei Keimpflanzen wurde auch der Gesamtphosphor direkt bestimmt, Indirekt, d. h. durch Berechnung, wurde der organische, in Trichloressigsäure lösliche und unlösliche Phosphor, der Gesamtphosphor und der Phosphor der Desoxyribonukleinsäure bestimmt. Die Genauigkeit unserer Methode einer Phosphatbestimmung in der Standardprobe, im Mineralisat des pflanzlichen Materials, eventuell in Extrakten aus diesem Material bewegt sich im Durchschnitt um ± 4 bis 6%. Die Beständigkeit des blauen Farbstoffes, dessen Extinktion wir in Lösungen messen, ist relativ groß (minimal 18 Stunden), was die Verarbeitung auch großer Serien von Versuchsproben ermöglicht. Die Methode ist auch in Forschungs- und Kontrollaboratorien, welche sich mit der Phosphorbestimmung im biologischen Material befassen, verwendbar.

Text zu den Tabellen

- I. Genauigkeit der Bestimmung des Phosphorgehaltes in Proben von Standardphosphat und Wurzelmineralisat 9 Tage alter Keimpflanzen der Erbse
- II. Gehalt einzelner Phosphorfractionen in Erbsenkeimpflanzen (TCA = Trichloressigsäure)
- III. Inhalt einzelner Phosphorformen in Mais- und Erbsenpflanzen von Feldkulturen

Text zu den Abbildungen

Schema 1. Vorgang der systematischen Analyse des pflanzlichen Materials auf verschiedene Phosphorfractionen

Diagramm 1. Kalibrationskurve für die Bestimmung von anorganischem Phosphat

Analyse systématique des types fondamentaux de composés phosphorés dans le matériel végétal

On a élaboré la méthode d'une analyse systématique des types de composés phosphorés dans le matériel biologique, notamment végétal. En principe, on a utilisé la méthode de Matosek et Večer qui a été modifiée surtout en ce qui concerne le mode l'extraction du phosphore lipoïde et de dosage propre du phosphate inorganique, car c'est en cette forme qu'on a transformé, à l'aide de la minéralisation, toutes les formes de composés organiques du phosphore.

Le phosphate inorganique dans les extraits, aussi bien que dans les produits de minéralisation des composés organiques du phosphore était déterminé par voie photométrique, en mesurant l'extinction de la matière colorante bleue, née à la suite de la réduction du complexe molybdate-phosphate par l'acide ascorbique. La minéralisation des composés organiques du phosphore était effectuée soit au moyen d'un mélange des acides concentrés sulfurique et nitrique (1:1 ou 1:2) ou à l'aide de l'acide sulfurique concentré et du peroxyde d'hydrogène à 30 p. 100, à la température ne dépassant pas 200 °C, où il ne se produit pas la volatilité de l'acide phosphorique, dégagé des composés organiques du phosphore lors de la minéralisation.

En employant notre méthode, nous avons analysé d'une part les plantes adultes de maïs et de pois, cultivées sur un champ expérimental, d'autre part des plantules de pois, provenant d'un essai de laboratoire. Nous dosions directement le phosphore inorganique, soluble et insoluble dans l'éthanol à 78–80 p. 100, soluble dans l'acide trichloracétique, le phosphore lipoïde et le phosphore compris dans les acides nucléiques (acide ribonucléique avec l'acide désoxyribonucléique ou dans l'acide ribonucléique seul). Quant aux plantules, on a déterminé directement même le phosphore total. Indirectement, c'est-à-dire par le calcul, on a déterminé le phosphore organique

soluble et insoluble dans l'acide trichloracétique, le phosphore total et le phosphore de l'acide désoxyribonucléique. La précision de notre méthode de dosage du phosphate dans l'échantillon standard, dans les produits de minéralisation du matériel végétal, le cas échéant des extraits provenant de ce matériel, varie à environ $\pm 4-6$ p. 100. La solidité du colorant bleu, dont nous mesurons l'extinction dans les solutions, est relativement considérable (18 heures au minimum) ce qui permet d'exploiter des séries, même importantes, d'échantillons. La méthode convient au laboratoires de recherche et de contrôle, s'occupant du dosage de la teneur en phosphore dans le matériel biologique.

Texte des tableaux

- I. Précision du dosage de la teneur en phosphore dans les échantillons du phosphate standard et du produit de minéralisation des racines des plantules de pois de 9 jours
- II. Teneur en différentes fractions de phosphore dans les plantules de pois (TCA = = acide trichloracétique)
- III. Teneur en différentes formes de phosphore dans les plantes de maïs et de pois, provenant des cultures de plein champ

Textes des figures

Schéma I. Procédé de l'analyse systématique du matériel végétal, déterminant la teneur en différentes fractions du phosphore

Graphique 1. Courbe de calibrage déterminant le phosphate inorganique

Adresy autorů:

RNDr. Vladimír Jiráček, CSc., Jiří Kanta, prom. chemik, Ivan Votruba, prom. chemik, Přírodovědecká fakulta Karlovy university, katedra biochemie, Praha 2, Albertov 2030

Rudolf Kryžánek, prom. chemik, Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, oddělení genetiky a šlechtění, Praha - Ruzyně

■ Při soustavném agrochemickém zkoušení půd v ČSSR se zjišťuje zásoba přijatelného drasla v půdě metodou podle Schachtschabela (1941); při této metodě se navázka půdy extrahuje směsným roztokem octanu amonného a šfavelanu amonného. Amonný ion těchto solí vytěsňuje ze sorpčního komplexu půdy ion K^+ , který se potom ve filtrátu stanoví na plamenovém fotometru. Šfavelovaný anion, přítomný ve vyluhovacím roztoku, reaguje s iontem Ca^{++} , který se rovněž vytěsňuje z půdy, za vzniku nerozpustného šfavelanu vápenatého, který se zachytí na filtru, a tím se sníží případný rušivý vliv vápníku na plamenové fotometrické stanovení K_2O . Metoda dává dobře reprodukovatelné výsledky a osvědčuje se poměrně úspěšně i v praxi. Její nevýhodou však je dosti vysoká cena chemikálií k přípravě extrakčního roztoku, jejich celkem značná spotřeba a konečně i jejich obtížné opatřování.

Proto byly pro extrakci přijatelného drasla z půdy popsány i jiné extrakční roztoky, např. „zdvojený laktát“, který uvádí Riehm (1943), roztok mléčnanu amonného a kyseliny octové (De Vries, Decherling 1960), roztok mléčnanu amonného, kyseliny octové a síranu amonného (Dostál, Pešák 1967) atd. Mezi těmito roztoky nás zvláště zaujal roztok, jež uvedli Peter a Kreissigová (1947), a to svou jednoduchou přípravou, nízkou cenou a poměrně dobře dostupnými chemikáliemi: roztok se připraví velmi snadno tak, že se 10 g chloridu amonného *p. a.* a 10 g uhličitanu amonného *p. a.* rozpustí v 1 l destilované vody a k hotovému roztoku se přidají 2 ml koncentrovaného amoniaku. Tím je roztok hotov a připraven k použití. Postup práce s ním je stejný jako u metodiky podle Schachtschabela: 10 g suché půdy prosáté sítem s kruhovými otvory průměru 2 mm se přelije 25 ml tohoto roztoku, zamíchá se, nechá se ustát 24 h., zfiltruje se a měří na plamenovém fotometru. Výsledek se v obou případech vyjadřuje v mg K_2O na 100 g půdy.

Autoři doporučují svou metodiku jako vhodnou k sériovému stanovení přijatelného K_2O v půdách. Při práci s ní jsme však pozorovali, že dává ve srovnání s postupem podle Schachtschabela výsledky často o něco nižší. Předmětem předloženého sdělení je tedy podrobnější průzkum této otázky a jeho výsledky. Cílem bylo získat přesnější údaje o velikosti naznačené odchylky výsledků mezi oběma metodikami.

METODIKA

V každém kraji ČSSR bylo náhodným výběrem zvoleno 300 různých půdních vzorků bez ohledu na lokalitu, půdní druh i půdní typ. Mělo tak být zabráněno zkreslení výsledků řízeným výběrem vzorků; celkem bylo takto v celé ČSSR vybráno

I.

Kraj	Rozdíl v mg															Celkem
	-11 a více	-6 až -10	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6 až +10	+11 a více	
Středočeský	—	14	15	15	18	38	39	71	42	20	14	8	5	1	—	300
Jihočeský	—	4	2	13	48	58	93	47	21	11	2	1	—	—	—	300
Západočeský	—	1	4	10	52	69	74	43	31	15	1	—	—	—	—	300
Severočeský	—	—	4	4	33	62	120	77	—	—	—	—	—	—	—	300
Východočeský	—	6	17	32	63	85	65	24	6	2	—	—	—	—	—	300
Jihomoravský	10	46	43	65	73	48	11	4	—	—	—	—	—	—	—	300
Severomoravský	—	10	16	48	74	78	58	14	2	—	—	—	—	—	—	300
Západoslovenský	—	—	2	18	130	114	34	2	—	—	—	—	—	—	—	300
Středoslovenský	1	30	54	45	81	44	32	12	—	—	—	—	—	1	—	300
Východoslovenský	—	—	—	—	20	90	88	64	27	11	—	—	—	—	—	300
Celkový výskyt jednotlivých rozdílů	11	111	157	250	592	686	614	358	129	59	17	9	5	2	—	3000
dtto v %	0,4	3,7	5,2	8,3	19,8	22,8	20,5	11,9	4,3	2,0	0,6	0,3	0,2	0,07	—	100,07

3000 vzorků. Každý vzorek byl analyzován na obsah přijatelného K_2O metodou podle Schachtschabela a metodou podle Petera a Kreissigové v jednom opakování. Potom byly oba výsledky u každého vzorku od sebe odečteny, a to vždy tak, že výsledek podle Schachtschabela byl menší: byl-li vyšší než výsledek podle Petera a Kreissigové, od kterého se odečítalo, vyšel rozdíl záporný. Takto získané rozdíly byly potom seřazeny do skupin podle své velikosti, jak ukazuje tabulka: uprostřed jsou ve sloupci označeném „O“ počty (četnost) výsledků, které se v jednotlivých krajích u obou metod shodovaly, nalevo jsou počty výsledků záporných, napravo počty výsledků kladných, vždy odstupňované po 1 mg K_2O až do rozdílu ± 5 mg K_2O na 100 g půdy; větší rozdíly než těchto 5 mg byly rozděleny do dvou skupin, totiž ± 6 až ± 11 mg $K_2O/100$ g půdy, a ± 11 a více mg $K_2O/100$ g půdy, jak je uvedeno v záhlaví tabulky I.

Vzhledem k náhodnému výběru vzorků a k jejich poměrně značnému počtu lze mít za to, že získané výsledky odpovídají vyhovující měrou skutečnému stavu věcí. Obsah přijatelného K_2O v analyzovaných půdách kolísá zhruba od 5 do 50 mg $K_2O/100$ g půdy.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Rozbor ukázal, že nejčastěji jsou výsledky získané metodikou podle Petera a Kreissigové nižší o 2 mg $K_2O/100$ g půdy; je však také mnoho výsledků nižších o 1 mg a o 3 mg $K_2O/100$ g půdy. Pokus tedy potvrdil, že na čs. půdách dává metoda podle Petera a Kreissigové vskutku poněkud nižší výsledky než metoda Schachtschabelova. Na tuto okolnost je třeba pamatovat při hodnocení výsledků touto metodou získaných. Na druhé straně však pokus ukazuje, že se poměrně jen málo vyskytují rozdíly větší než -4 mg $K_2O/100$ g půdy a $+1$ mg $K_2O/100$ g půdy. Je tedy jen malá pravděpodobnost většího rozdílu výsledků, což činí celou metodiku poměrně přijatelnou pro sledování zásoby K_2O v půdě, ježto podle ní prakticky nehrozí nebezpečí, že by rostliny dostaly málo drasla.

Je ovšem jasné, že uvedený pokus měl pouze přispět k přesnějšímu poznání velikosti odchylek mezi oběma stanoveními a častosti výskytu jednotlivých odchylek. Při větším počtu vzorků nebo jiném výběru jich by absolutní hodnoty i poměr mezi výskytem jednotlivých odchylek byly patrně pozměněné, nicméně však lze soudit, že by i pak bylo potvrzeno, že metodika podle Petera a Kreissigové dává na čs. půdách výsledky převážně poněkud nižší než postup Schachtschabelův.

ZÁVĚR

Na 3000 půdních vzorků, náhodně vybraných z celého území ČSSR, bylo ukázáno, že metoda podle Petera a Kreissigové dává většinou poněkud nižší výsledky při stanovení přijatelného K_2O v půdách ČSSR než metoda Schachtschabelova. Byla postihnuta velikost rozdílů mezi stanoveními obsahu přijatelného drasla oběma metodikami a také frekvence výskytu rozdílů určité velikosti.

Došlo dne 27. 7. 1966

Literatura

1. SCHACHTSCHABEL, P.: „Bodenkunde und Pflanzenernährung“, 24 (69), 1941 : 371-384. — 2. RIEHM, H.: ibidem, 29 (74), 1943 : 252-274. — 3. DE VRIES, O. - DECHERING, F. J. A.: Grondonderzoek, 4. vyd., 1960 (Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek, Mariendaal-Oosterbeek, Holandsko). — 4. DOSTÁL, A. - PEŠÁK, M.: Rostlinná výroba, v tisku. — 5. PETER, H. - KRESSIG, G.: „Bodenkunde und Pflanzenernährung“, 30 (75), 1945 : 41-44.

К вопросу определения содержания усвояемого калия в почвах ЧССР

На 3000 почвенных образцах, случайно отобранных со всей территории ЧССР, показано, что метод по Петеру и Крейссиговой в большинстве случаев дает несколько более низкие результаты при определении запаса усвояемого K_2O в почвах ЧССР, чем метод Шахтшабеля. Был отмечен размер различий между определением содержания усвояемого калия обеими методиками, а также частота появления различий определенного размера.

Текст к таблице

I. Обзор различий в результатах анализов почвенных образцов по Шахтшабелю и по Петеру и Крейссиговой

Contribution to the Problem of Determining the Content of the Available Potassium in the Soils of Czechoslovakia

On 3000 soil samples taken at random from the total territory of Czechoslovakia it was shown that the method of Peter and Kressig gives in most cases somewhat lower results determining the available supply of K_2O in Czechoslovakian soils than the method of Schachtschabel. The authors established the extent of the differences in the determination of the content of available potassium by both methods and also the frequency of the occurrence of differences of a certain extent.

Text to the table

I. Survey of the differences in the results of analyses of soil samples according to Schachtschabel and according to Peter and Kressig

Beitrag zur Frage der Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem Kali in den Böden der ČSSR

An 3000 Bodenproben, die als Zufallsauswahl auf dem Gesamtgebiet der ČSSR entnommen wurden, konnte aufgezeigt werden, daß die Methode nach Peter und Kreissig größtenteils ein wenig niedrigere Resultate bei der Ermittlung des Vorrates an aufnehmbarem K_2O bietet, als es bei der Methode Schachtschabel der Fall ist. Man konnte die Größe der Unterschiede zwischen den beiden genannten Methoden der Bestimmung sowie die Frequenz des Vorkommens von Unterschieden einer bestimmten Größe erfassen.

Text zur Tafel

I. Übersicht der Unterschiede der Analysen-Ergebnisse nach Schachtschabel und Kreissig

Adresa autorů:

Dr. Adolf Dostál, ing. Miloš Pešák, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha - Karlín, Sokolovská 1

■ Vyšetření obsahu rostlinám přístupných živin v půdě a stanovení dávek hnojiv k různým plodinám v ekonomickém souladu nákladů na hnojení s dosaženými přírůstky výnosů je jedním z nejdůležitějších a nejpraktičtějších problémů moderní agrochemie.

Obsah přístupného draslíku v půdě je stejně jako obsah fosforu základním orientačním podkladem při vyměřování dávek statkových a průmyslových hnojiv v různých výrobních a půdně klimatických podmínkách. Finck a Schlichting (1955) uvádějí, že půda je draslíkem dobře zásobená, když obsahuje v přístupných živinách 3X více K_2O než rostliny spotřebují ve vegetační době. Mnozí autoři, např. Chandler, Peech a Bradfield (1945), Pearson (1952), Pratt (1951) považují výměnnou formu K_2O za hlavní ukazatel zásobenosti půdy tímto kationtem. V průběhu vegetace se obsah výměnného a vodorozpuštěného K_2O snižuje, avšak tento pokles neodpovídá množství rostlinami odebraného K_2O , což Reitemeier (1951) zdůvodňuje tím, že rostliny neodčerpají celkové množství výměnného K_2O , během vegetace dochází k další fixaci a uvolňování draslíku z nevýměnné formy v půdě a jsou specifické rozdíly v schopnosti rostlin využívat výměnný nebo nevýměnný draslík.

Fixace K_2O z dodaných hnojiv značně snižuje jeho přístupnost rostlinám (Astvacatryan 1960, Arnold 1962, Scheffer a Schachtschabel 1960, Schröder 1955), snižuje však také možnost vyplavování K_2O z ornice a podmiňuje následné působení draselných hnojiv. Hoagland a Martin (1933), Schachtschabel (1937) došli k závěru, že význam nevýměnného K_2O pro výživu rostlin vzrůstá při snížení obsahu výměnného draslíku. Např. Bartolomew a Jensen (1931) a Lamb (1935) uvádějí, že rostliny začaly přijímat K_2O z nevýměnné frakce, když jeho výměnné množství kleslo na 2,1 mg/100 g. Welte, Niederbudde a Werner (1962) zjistili významnou korelaci mezi množstvím fixovaného draslíku a množstvím K_2O odčerpaným rostlinami z nevýměnné formy. Uvedení autoři se shodují s názorem Wiklandera (1954), Scheffera a Welteho (1955), že fixovaný draslík je „přestupní stanicí“ mezi těžko přístupnou a výměnnou frakcí K_2O v půdě.

V půdě jsou všechny formy K_2O mezi sebou v dynamické rovnováze, která se narušuje hnojením. Intenzita a technika hnojení statkovými a průmyslovými hnojivy se výrazně projevuje v rozdílné hladině přístupného K_2O v půdě. Při konfrontaci výsledků hnojení v různých dlouhodobých pokusech zjišťujeme, že vzhledem k vyhraněným půdně klimatickým a výrobním podmínkám každý pokus specificky reaguje na použitou intenzitu hnojení. Proto také množství přístupného

K_2O v půdě značně kolísá, což způsobuje kromě hnojení a odběru K_2O rostlinami řada faktorů, z nichž za hlavní pokládá Schachtschabel (1963): klima, obsah nevýměnného, ale rostlinami přijatelného draslíku, obsah jílové frakce, rozdíly v půdních typech, (struktura, voda, hloubka prokypření), předplodinu, způsob obdělávání, vedlejší složky draselných hnojiv.

Při zvýšených dávkách K_2O obvykle vzrůstá absolutní množství K_2O v půdním roztoku proporcionálně s množstvím K_2O vázaného sorpčním komplexem, které je snadněji výměnné než původní K_2O minerálů a které může později sloužit k výživě rostlin. Markert (1965) dokazuje, že adsorpce draslíku v půdě závisí na sorpční kapacitě a druhu půdy; čím lehčí půda s nižší sorpční kapacitou, tím méně draslíku z dodaných hnojiv se adsorbuje a tím více K_2O přechází do půdního roztoku. Uvolňování K_2O z půdní zásoby a intenzita fixace K_2O v půdě kolísají v různých půdních typech vlivem různého složení jílové frakce, organických látek, vody, teploty a vlivem dalších faktorů (geneze půdy, matečný substrát, půdní reakce, zastoupení jednotlivých iontů a pořadí jejich sorpce), jak prokázali různí autoři, např. Semb, Steenberg a Oien (1959), Scheffer a Welte (1955), Petěrburgskij (1957), DeFerriere (1956), German (1957), Pope a Chenney (1957) aj. Ve svém příspěvku jsme v souvislosti s těmito poznatky zpracovali v dlouhodobém hnojařském pokusu ve výrobním typu řepařském vliv devítiletého hnojení statkovými a průmyslovými hnojivy na bilanci draslíku v půdě se zřetelem na hnojením dodaný a rostlinami odčerpaný K_2O , dynamiku obsahu přístupného draslíku v půdě a na využití nevýměnné frakce K_2O rostlinami z půdy.

CHARAKTERISTIKA PROSTŘEDÍ

Dlouhodobý hnojařský pokus s 24 variantami organickominerálního hnojení v řepařské oblasti probíhá na 8 honech v ÚVÚRV Praha-Ruzyně v nadmořské výšce 340–350 m na těžších půdách hnědozemního a místy černozemního typu od roku 1955 (sorpční kapacitu „T“ = 18–22 mval/100, humus (podle Tiurina) = 2,0–2,2 %, celkový N = 100–130 mg/100 g, hlavní agrochemické vlastnosti půdy v r. 1956: pH/KCl = 7,4, obsah přístupných živin v půdě – P_2O_5 = 16,2 mg/100 g, K_2O = 24,4 mg/100 g). V období 1956/64 proběhla I. rotace osevního postupu.

Průměrná roční teplota v letech 1956/64 činila 7,7 °C (50letý průměr 9 °C). Průměrné roční množství ovzdušných srážek v pokusných letech 1954–64 reprezentuje 469,9 mm (50letý průměr 517 mm). Sluneční svit byl v pokusných letech vyšší než normál, v průměru 1715 hodin.

METODIKA POKUSU A PRACOVNÍ POSTUP

Uspořádání pokusu jsme popsali již dříve (Škarda 1963). Devítileté výsledky z 24 variant hnojení na 8 honech jsme vyjádřili v průměru 6 hlavními variantami hnojení.

Schéma hnojení:

Nehnojená kontrola		O
Statková hnojiva*)	(průměr variant s hnojem, kompostem a neúplně vyzrálým kompostem z chlévské mrvy a zeminy)	SH
Průmyslová hnojiva **)	– střední dávka	$N_1P_1K_1$
	– vysoká dávka	$N_2P_2K_2$
Statková hnojiva	+ střední dávka průmyslových hnojiv	SH + $N_1P_1K_1$
	+ vysoká dávka průmyslových hnojiv	SH + $N_2P_2K_2$

*) organicky hnojíme pouze okopaniny ekvivalentní dávkou 800 q/ha čerstvé chlévské mrvy za 9letý osevní postup.

**) minerálně ke všem plodinám.

I. Průměrné roční dávky živin v hlavních variantách hnojení za období 1956/64 (v kg/ha)

Varianty	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Celkem
O	—	—	—	—
SH	42,0	27,0	53,0	122,0
N ₁ P ₁ K ₁	40,5	48,5	96,5	185,5
N ₂ P ₂ K ₂	58,5	64,5	143,0	266,0
SH+N ₁ P ₁ K ₁	82,5	75,5	149,5	307,5
SH + N ₂ P ₂ K ₂	100,5	91,5	196,0	388,0

Pro vyhodnocení 9leté bilance draslíku v půdě jsme uvažili

a) celkový odběr K₂O všemi plodinami z 8 honů (K_r) a vyjádřili jsme jej „standardní spotřebou“ na 1 q výnosu hlavního produktu, protože vlastní rozborů rostlin nemáme ještě všechny zpracovány. Předběžnými výsledky jsme se přesvědčili, že odběr živin vyjádřený „standardní spotřebou“ se téměř neliší od hodnot zjištěných rozbořem. Např. cukrovka (průměr 10 honů z let 1958–1965): „Standardní spotřeba“ na 1 q kořene = 0,57 kg K₂O; rozbořem zjištěno 0,59 kg K₂O.

b) celkovou dávku K₂O ve statkových a průmyslových hnojivech (K_h);

c) snížení obsahu přístupného K₂O v půdě od r. 1956 do r. 1964 (K_p). Na základě každoročně agrochemickými rozborů stanoveného obsahu přístupného K₂O v půdě po sklizni všech plodin na 8 honech = „zjištěné hodnoty“ jsme pomocí rovnice přímkového trendu $y = a + bx$ (Persons 1924, Kohn 1929) stanovili „vypočítané hodnoty“ obsahu přístupného K₂O v půdě pro r. 1956 a r. 1964, které jsou při $t_{0,01} = 3,19$ vysoce průkazné;

d) využití hnojením dodaného K₂O rostlinami (%);

e) rozdíl rostlinami odčerpaného draslíku (K_r) a poklesu přístupného K₂O v půdě (K_p) za období 1956/64 — $\sum (K_r - K_p)$. Závislost $\sum (K_r - K_p)$: Kh udává, jak hnojení krylo odběr rostlin a jak velké množství K₂O odčerpaly rostliny z půdní zásoby. Ukazatel $\sum (K_r - K_p)$ je zatížen určitou chybou, protože rostliny čerpaly K₂O i z půdních vrstev pod orničním profilem 25 cm.

Při přepočtu mg/100 g na kg/ha jsme pro 25 cm vrstvu ornice zvolili váhu 3,000 000 kg/ha.

VÝSLEDKY

V 9letých průměrných výsledcích jsme v 6 hlavních variantách hnojení vyjádřili vliv statkových a průmyslových hnojiv na dynamiku obsahu přístupného draslíku v půdě — tabulka II — a na bilanci hnojením dodaného a rostlinami odčerpaného K₂O — tabulka III.

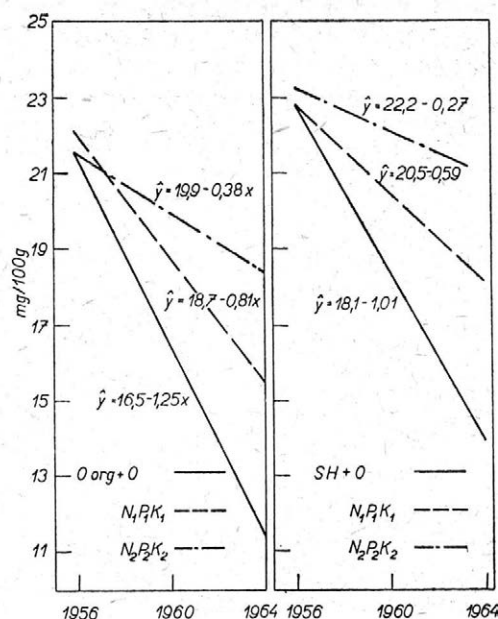
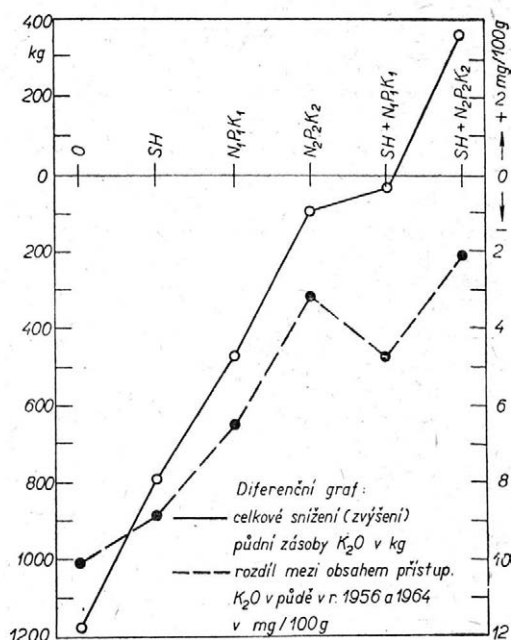
Odebrané živiny rostlinami (tabulka III) byly podle intenzity hnojení uhrazeny dodanými hnojivy od 0 do 126 %. Se stoupající intenzitou hnojení klesá odčerpané množství K₂O z půdní zásoby; celkem za celé období z 1171 (kontrola) na 33 kg/ha (SH+N₁P₁K₁). Na kontrolních variantách byl odebraný K₂O rostlinami uhrazen 100% z půdní zásoby. Ve variantách hnojených pouze statkovými hnojivy odčerpaly rostliny z půdní zásoby 62 % potřebného K₂O, zatímco ve variantě N₁P₁K₁ již jen 35 %, N₂P₂K₂ 7 % a SH+N₁P₁K₁ necelá 3 %. Na nejintenzivněji hnojených variantách SH+N₂P₂K₂ byla hnojením kryta nejen potřeba rostlin, ale navíc se zásoba draslíku v půdě zvýšila za pokusné období o 367 kg/ha, tj. o 26 %.

III. Bilance dodaného a rostlinami odčerpaného K_2O a obsahu přístupného draslíku v půdě za období 1956/64

Ukazatelé	Hlavní varianty hnojení					
	O	SH	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$SH + N_1P_1K_1$	$SH + N_2P_2K_2$
Dodáno hnojením (K_h) (kg K_2O /ha)	—	477	869	1287	1346	1764
Odebráno rostlinami (K_r) (kg K_2O /ha)	1171	1266	1337	1382	1379	1397
Bilanční přebytek (schodek) K_2O (kg K_2O /ha)	-1171	-789	-468	-95	-33	+367
Využití v % z dodaného K_2O	—	265	154	107	103	79
Obsah přístupného K_2O v půdě (mg/100 g) (vypočítané hodnoty)						
rok 1956	21,5	22,8	22,0	21,5	22,8	23,2
rok 1964	11,5	14,0	15,5	18,4	18,1	21,1
Zvýšení (snížení) obsahu přístup. K_2O v půdě (K_p):						
mg/100 g	-10,0	-8,8	-6,5	-3,1	-4,7	-2,1
kg/ha	-300	-264	-175	-93	-141	-63
$\Sigma (K_r - K_p)$ v kg K_2O /ha	871	1002	1162	1289	1238	1334
$\frac{\Sigma (K_r - K_p)}{K_h} \cdot 100 = \%$	—	210	134	100	92	76

Využití dodaného draslíku ve statkových a průmyslových hnojivech dosahuje ve všech variantách hnojení, kromě varianty $SH + N_2P_2K_2$, hodnot nad 100 %, protože množství K_2O odčerpané rostlinami je větší než množství K_2O dodané hnojením — od 3 % ($SH + N_1P_1K_1$) do 165 % (SH). Pouze ve variantě ($SH + N_2P_2K_2$) byl celkový odběr K_2O rostlinami menší než množství K_2O dodané hnojivy a činil pouze 79 %. Zbývajících 21 % dodaného draslíku přechází do půdní zásoby. Se stoupajícím hnojením využití draslíku klesá.

Mezi bilancí dodaného a rostlinami odčerpaného K_2O a obsahem přístupného K_2O v půdě je lineární závislost (graf 1). Zjišťujeme, že stupňované 9leté hnojení pozitivně ovlivnilo obsah přístupného K_2O v půdě ve všech hnojených variantách, i když, ve srovnání let 1956 a 1964, došlo v průběhu pokusného období k všeobecnému poklesu přístupného množství K_2O v půdě, jak vyplývá z přímkového trendu (graf 2). Vypočítané hodnoty v roce 1964 dokazují, že proti kontrole vzrostl obsah přístupného K_2O v půdě hlavních hnojených variant v závislosti na zvyšované intenzitě hnojení o 2,5–9,6 mg/100 g, zatímco v roce 1956 pouze o 1,3–1,7 mg/100 g (tabulka II).



1. Bilance dodaného a rostlinami odčerpaného K_2O a obsahu přístupného K_2O v půdě za období 1956–1964

2. Přímkový trend obsahu přístupného K_2O v půdě při různé intenzitě hnojení (průměr z 8 honů za období 1956–1964)

II. Zjištěné a vypočítané hodnoty obsahu přístupného draslíku v půdě na začátku a na konci období 1956/1964 ($mg/100 g$)

Hlavní varianty hnojení	Zjištěné hodnoty			Vypočítané hodnoty		
	1956	1964	průměr za období 1956/64 a K_2O	1956	1964	průměrné roční snížení b K_2O
Kontrola	23,3	14,3	16,5	21,5	11,5	– 1,25
SH	24,4	17,5	18,1	22,8	14,0	– 1,04
$N_1P_1K_1$	23,2	18,6	18,7	22,0	15,5	– 0,81
$N_2P_2K_2$	24,6	20,2	19,9	21,5	18,4	– 0,38
SH + $N_1P_1K_1$	24,6	20,9	20,4	22,8	18,1	– 0,60
SH + $N_2P_2K_2$	25,2	24,8	22,8	23,2	21,1	– 0,27

$t_{0,01} = 3,19^{**}$

Porovnáme-li bilanci hnojení a odběru K_2O s negativním rozdílem obsahu přístupného K_2O v půdě na začátku a na konci I. rotace osevního postupu (tabulka III), zjišťujeme v jednotlivých variantách hnojení, že na 1 $mg K_2O/100 g$ tohoto negativního rozdílu připadá z bilančního schodku (přebytku) hnojením dodaného a rostlinami odčerpaného K_2O ve variantě (v kg):

O	SH	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	SH + $N_1P_1K_1$	SH + $N_2P_2K_2$
– 117	– 90	– 72	– 31	– 7	+ 175

Uvedené srovnání dokazuje, že se stupňovanou intenzitou draselného hnojení klesá podíl bilančního schodku na 1 mg $K_2O/100$ g a klesá difference mezi počátečním a konečným stavem přístupného množství K_2O v půdě z 10 mg/100 g = 100 % na nehnojených kontrolách na 2,1 mg/100 g = 21 % ve variantě $SH + N_2P_2K_2$.

Vzhledem k postupně se zlepšující bilanci přístupného K_2O v půdě, vlivem zvyšovaných dávek draslíku v hnojených variantách, stoupá „ $\Sigma (K_r - K_p)$ “ z 871 kg K_2O/ha (nehnojená kontrola) na 1,334 kg K_2O/ha (varianta $SH + N_2P_2K_2$).

Ze vztahu $= \frac{\Sigma (K_r - K_p)}{K_h} \cdot 100$ jsme zjistili, jak hnojení ovlivnilo celkovou bilanci draslíku v půdě. Procento $[\Sigma (K_r - K_p) : K_h] \cdot 100$ je nižší než procento bilančního využití, protože hnojení nezvýšilo obsah přístupného K_2O v půdě, ale naopak K_2O z půdní zásoby uhradil zcela nebo zčásti potřebu rostlin, podle intenzity hnojení v příslušných variantách.

Položíme-li proto za základ plné využití hnojením dodaného K_2O , hodnoty nad 100 % určují množství draslíku, které se uvolnilo z půdní zásoby. Procento „ $[\Sigma (K_r - K_p) : K_h] \cdot 100$ “ se stoupající dávkou K_2O klesá, protože jeho hodnota je silně ovlivněna zejména výší hnojení a odběru K_2O rostlinami, změnami obsahu K_2O v půdě, klimatickými podmínkami apod.

ROZBOR VÝSLEDKŮ A DISKUSE

Dynamika draslíku v půdě je velmi komplikovaná a různé druhy vazeb K_2O v půdě jsou ovlivňovány nejen hnojením, odběrem K_2O rostlinami, ale i půdními a klimatickými podmínkami.

Negativní bilance dodaného a rostlinami odčerpaného K_2O za I. rotaci osevního postupu dokazuje, že ve všech variantách hnojení (kromě varianty $SH + N_2P_2K_2$) byl odběr K_2O vyšší než množství draslíku dodané hnojením. Bilanční schodek uhradila půdní zásoba K_2O z půdního roztoku, z výměnné a také nevýměnné formy draslíku.

Předpokládáme-li, že se za pokusné období ve variantě O, SH, $N_1P_1K_1$ a $N_2P_2K_2$ rostlinami využil hnojením dodaný draslík i množství přístupného draslíku (vyplývající z rozdílu počátečního a konečného obsahu přístupného K_2O v půdě), potom z nevýměnného K_2O v půdě bylo rostlinami spotřebováno na kontrole 871 kg/ha, ve variantách SH 525 kg/ha, $N_1P_1K_1$ 293 kg/ha a $N_2P_2K_2$ pouze 2 kg/ha.

Naproti tomu se však ve variantě $SH + N_1P_1K_1$ snížilo za pokusné období množství přístupného K_2O o 141 kg/ha, z kterých rostliny kromě dodaného K_2O využily pouze 33 kg/ha, takže zbývajících 108 kg/ha přešlo do nevýměnné (fixované) formy K_2O v půdě. Podobně i ve variantě $SH + N_2P_2K_2$ se obsah přístupného K_2O v půdě snížil o 63 kg/ha, přestože v této jediné variantě obohatil bilanční přebytek hnojením dodaného a rostlinami odčerpaného draslíku půdní zásobu o 367 kg/ha. Při minimálním vyplavování K_2O v půdách našeho pokusu, jak jsme se předběžnými zkouškami přesvědčili, z toho vyplývá, že i v této variantě došlo k fixaci K_2O v půdě v množství 430 kg/ha (367 kg/ha bilančního přebytku + 63 kg/ha sníženého obsahu přístupného K_2O v půdě), pravděpodobně na jílové minerály typu illitu, příp. minerály se smíšenou strukturou, montmorillonitu a illitu, které jsou zastoupeny v půdách našeho pokusu (Širový 1966).

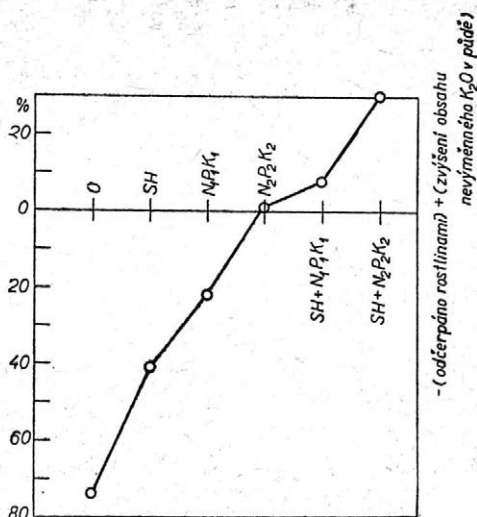
3. Podíl nevýměnného draslíku z celkového odběru K_2O rostlinami za období 1956–1964 (v %)

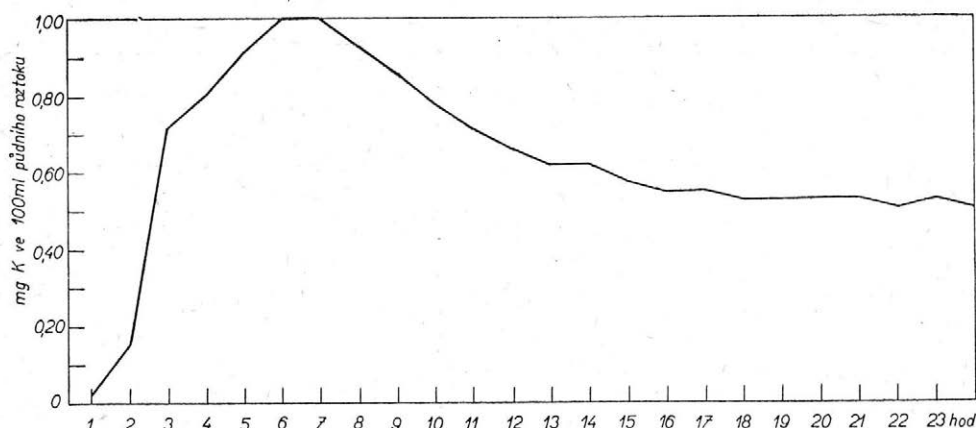
Předpokládáme-li, že na kontrolních parcelách bylo z celkového odběru K_2O rostlinami kryto přístupným draslíkem v půdě pouze 26 %, pak zbývajících 74 % uhradil K_2O z ostatní půdní zásoby. Se stupňovanou intenzitou hnojení tento podíl klesá, a to ve variantách SH na 41 % $N_1P_1K_1$ na 22 % a $N_2P_2K_2$ na 0 %. Welte, Niederbudde a Werner (1962) zjistili v nádobovém pokusu výsledky podobné našim. V hnojených nádobách

dosahuje podíl odebraného nevýměnného K_2O 20 % z celkového odběru a v nádobách s půdou dlouho nehnojenou 80 %. Hemingway (1963) však uvádí, že odběr K_2O rostlinami z nevýměnné formy byl v polních podmínkách ve srovnání s nádobovými pokusy malý.

Naopak v organickominerálních variantách se vlivem fixace ostatní půdní zásoba K_2O zvyšuje, zejména obsah nevýměnného draslíku v půdě: ve variantě $SH + N_1P_1K_1$ o 8 % a ve variantě $SH + N_2P_2K_2$ o 31 % z celkového odběru K_2O rostlinami (graf 3). V závislosti na intenzitě hnojení dochází tedy v jednotlivých variantách buď k odčerpávání, nebo ke zvyšování množství nevýměnného draslíku v půdě. Welte, Niederbudde a Werner (1962) zjistili, že mechanismus uvolňování K_2O z mezivrstevných prostorů jílových minerálů je vlastně obráceným pochodem fixace K_2O v půdě. Probíhá zejména tehdy, když klesá množství výměnného K_2O , protože v tom případě se porušuje rovnováha nevýměnného $\rightleftharpoons$ výměnného K_2O . Např. Schröder (1955) nezjistil na správných půdách pokles výnosu, přestože půdy měly malý obsah přístupného K_2O . Příčina tohoto výsledku spočívá ve vysoké schopnosti půdy uvolňovat draslík z nevýměnné formy. Podobný poznatek uvádí též Ruymbeke (1963). Schröder (1955) pochybuje proto o tom, že hraniční čísla jsou schopna indikovat stav K_2O v půdě. Také Schwerdt a Jessen (1961) doporučují upustit od pevných hraničních čísel a výši draselného hnojení řídit podle odčerpaného množství sklizněmi. Petěrburgskij a Janiševskij (1961) zjistili v dlouhodobých pokusech odběr K_2O rostlinami z nevýměnné formy. Markert (1963) uvádí, že postupné a pozvolné uvolňování K_2O z půdní zásoby je typické pro půdy bohaté na jílové minerály. Dokazuje, že část půdní zásoby K_2O v půdě může postupně přecházet při vyrovnávání rovnováhy do půdního roztoku, čímž se stává přístupnou pro rostliny. Množství uvolňovaného K_2O z půdní zásoby vzrůstá s vyšší hodnotou sorpční kapacity. V souvislosti s tím je spojeno i zjištění mnoha autorů o příjmu K_2O rostlinami z nevýměnné formy K_2O v půdě, např. Schachtschabel (1937), Van der Paauw (1942), Petěrburgskij (1957), Schuffelen a Bolt (1958), Arnold (1960), Smith a Matthews (1957), Schröder (1955), Bray a de Turk (1939), Mortland (1961), Stoljarowa (1940), Važenin a Karaseva (1959) aj.

Uvolněné množství nevýměnného (fixovaného) K_2O , které nemáme prozatím





4. Eluční křivka K_2O v půdě pokusu v Ruzyni (stanovení na nejintenzivněji hnojených parcelách)

analýzami zjištěno, jsme určili nepřímou pomocí známých hodnot: odběru K_2O rostlinami, hnojení, obsahu přístupného K_2O v půdě a za předpokladu minimálního vyplavování K_2O z pokusných půd (první stupeň ověřování je uveden v grafu 4). Eluční křivku jsme zjistili proplavováním sloupce zeminy z nejintenzivněji hnojené varianty destilovanou vodou na sběrači frakcí.

Podle Wiklandera (1954) hnojením dodaný draslík rychle přechází v závislosti na rovnovážném stavu fixace $\rightleftharpoons$ uvolňování do nevýměnné formy. Schuffelen a Van der Marel (1955) zjistili, že již po 10 minutách se 80–90 % K_2O , dodaného do půdy v roztoku, fixovalo. Přechází-li v našem pokusu hnojením dodaný draslík, používaný většinou při podzimní orbě nebo na hrubou brázdou, v krátké době do nevýměnné formy, můžeme pro hodnocení půdou uvolněného K_2O pro potřebu rostlin použít metody Schrödera, Hoff-

IV. Intenzita odběru K_2O rostlinami a kvotient odběru v hlavních variantách hnojení (v kg/ha) za pokusné období 1956/64

Ukazatelé	Hlavní varianty hnojení					
	O	SH	$N_1P_1K_1$	$N_2P_2K_2$	$SH + N_1P_1K_1$	$SH + N_2P_2K_2$
Odběr K_2O rostlinami (K_r)	1171	1266	1337	1382	1379	1397
Uhrazen z půdy:						
a) přístupným K_2O (K_p)	300	264	175	93	141	63
b) nevýměnným K_2O	871	1002	1162	1289	1238	1334
$\frac{K_p}{\Sigma(K_r - K_p)} =$	0,34	0,26	0,15	0,07	0,11	0,05

man a Reichenbacha (1961) (tabulka IV), kteří sledovali vztah mezi intenzitou odběru a výší „kvocientu odběru“ a definovali jej takto:

$$\text{Kvocient odběru} = \frac{\text{přijatý výměnný K}_2\text{O}^*)}{\text{přijatý nevýmenný K}_2\text{O}} = \text{v našem případě } \frac{K_p}{\Sigma (K_r - K_p)}$$

*) včetně vodorozpuštěného K (K půdního roztoku).

V našich podmínkách jsme zjistili, že se stoupající intenzitou odběru K_2O v hlavních variantách hnojení z 1171 do 1397 kg K_2O /ha klesá kvocient odběru z 0,34 na 0,05; tzn., že se zvyšováním odběrem draslíku rostlinami stoupá význam nevýmenné formy K_2O v půdě pro výživu rostlin na úkor přístupné formy K_2O v půdě. Z tohoto poznatku též vyplývá, že půdy našeho pokusu mají velmi dobrou schopnost uvolňovat draslík z půdní zásoby, což dokazuje bilance K_2O na nehnojených kontrolách. Tyto výsledky potvrzuje Markert (1965), která udává, že množství uvolněného K_2O z půdní zásoby vzrůstá nejčastěji s vyšší sorpční kapacitou (sorpční kapacita „T“ našich půd 18–22 mval/100 g). Současně však z rozdílu odebraného množství K_2O rostlinami mezi nejintenzivněji hnojenou variantou $\text{SH} + \text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ a kontrolou 226 kg K_2O /ha vyplývá, že hnojení přispělo nejen k vyšším přírůstkům výnosu, ale i ke zvýšení půdní zásoby draslíku.

SOUHRN

1. Za I. rotaci osevního postupu kleslo množství přístupného draslíku v orničním profilu 0–25 cm hlavních variant hnojení v závislosti na intenzitě hnojení o 10,0–2,1 mg/100 g na 11,5–21,1 mg K_2O /100 g.

2. Do r. 1964 zvýšila proti nehnojené kontrole obsah přístupného K_2O v půdě: statková hnojiva o 2,5 mg/100 g (v organickominerálních variantách o 2,6–2,7 mg/100 g), průmyslová hnojiva o 4,0–6,9 mg/100 g a společné hnojení statkovými a průmyslovými hnojivy o 6,6–9,6 mg/100 g.

3. Mezi obsahem přístupného K_2O v půdě a bilancí dodaného a rostlinami odčerpaného draslíku je lineární závislost.

4. Rostliny odčerpaly za osevní postup z půdní zásoby v hlavních variantách hnojení 33 – 789 kg K_2O /ha, tj. 3 – 165 % z množství odpovídajícího hnojením dodanému draslíku.

5. V našich podmínkách se draslík v půdě fixuje s největší pravděpodobností na jílové minerály typu illitu, příp. minerály se smíšenou strukturou montmorillonitu a illitu.

6. První stupeň ověřování prokázal, že vyplavování draslíku z orničního profilu 0–25 cm je v těžších ruzyňských půdách minimální (0,5 mg/100 ml).

7. Půdy našeho pokusu mají dobrou schopnost uvolňovat draslík z půdní zásoby. Z nevýmenné frakce draslíku v půdě bylo odčerpano, v závislosti na intenzitě hnojení, 0–74 % z celkového odběru draslíku rostlinami. Pouze v organickominerálních variantách se obsah nevýmenného draslíku v půdě zvýšil o 8–31 %, tj. o 110–433 kg/ha.

8. Fixace a uvolňování draslíku z půdní zásoby má podle našich výsledků mimořádný význam pro výživu rostlin a proto v budoucnu nevystačíme, zejména na půdách fixujících K_2O , pouze se stanovením obsahu přístupného K_2O v půdě.

9. Sorpční kapacita a zastoupení jílových minerálů v různých půdních typech s různou zrnitostí půd by mohly indikovat účelnost a vhodnost předzásobního nebo zásobního hnojení draslíkem.

Došlo dne 5. 7. 1966

Literatura

1. ARNOLD, P.: Outlook on Agriculture, III., 6., 1962 cit. PETERBURGSKIJ, A. V. - JANIŠEVSKIJ, F. V.: „Izvestija TSCHA“ 6 (55) 1963, s. 113. — 2. ASTVA-CATVRJAN, B. N.: O fiksaciji kalija v polupustynnyh kamenistych počvacn predgor-noj zony Armenii. = „Doklady AN Arm. SSR“, 30, 1960, s. 4. — 3. BARTOLOMEW, R. - JENSEN, G.: Ark. Agr. Ezp. Sta. Bull. 2, 65, 1931, cit. PETERBURGSKIJ, F. V. „Izvestija TSCHA“ 6 (55), 1963, s. 113-124. — 4. BRAY, R. H. 1 De TURK, E. E. Release of potassium from nonreplaceable forms in Illinois soils. = „Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.“ 3, 1939, s. 101-106. — 5. FRANC de FERRIERE, P. J.: Ein bodenkundliches Problem: Der Kaliverbrauch in den französischen Départements. (Un probleme pedologique: la consommation en potasse des départements français.) Rap. VI. Congr. Internat. Sci. sol. Paris D, 1956, s. 449-456. — 6. GERMAN, W.: Eigenarten der Kaliverbrauch in den französischen Départements. (Un probleme pedologique: consommation en potasse des départements français.) Rap. VI. Congr. Internat. Sci. sol Paris D, 1956, s. 449-456. — 6. GERMAN, W.: Eigenarten der Kalinachlieferung verschiedener Böden von Ohio an New York. (Potassium release characteristics of several soils from Ohio an New York.) = „Proc. Soil Sci. Soc. Amer.“, 21, 1957, s. 52-58. — 7. HEMINGWAY, R. G.: Soil and herbage potassium levels in relation to yield. = „Y. Sci. Food. Agric.“ 14, 1963, s. 188-195. — 8. HOAGLAND, D. - MARTIN, J.: Absorption of potassium by plants in relation to replaceable, nonreplaceable and soil solution potassium. = „Soil Sci.“, 36, 1933, s. 1. — 9. CHANDLER, R. - PEECH, M. - BRADFELD, R.: „Proc. Soil Sci. Soc. Amer.“ 10, 1945 - cit. PETERBURGSKIJ A. V. - JANIŠEVSKIJ, F. V.: „Izvestija TSCHA“ 6 (55), 1963, s. 113. — 10. LAMB, J.: The availability of soil potassium. = „Soil. Sci.“ 40, 1935, s. 5. — 11. MARKERT, S.: Untersuchungen über Adsorptionsgleichgewichte und Desorptionsgeschwindigkeiten des Kaliums in Beziehung zur Sorptionsfähigkeit. = „Albrecht-Thaer-Archiv“ 9, 1, 1965, s. 67-85. — 12. MARKERT, S.: Über Beziehungen des Gehaltes an Reserve-Kalium zur Bodenart und Bodentyp. = „Albrecht-Thaer-Archiv“ 9, 2, 1965, s. 117-125. — 13. MORTLAND, M. M.: The dynamic character of potassium release and fixation. = „Soil Sci.“ 1, 1961, s. 11-13. — 14. PETERBURGSKIJ, A. V.: K. K. Gedroic o dostupnosti rastenijam kalija počvy i dalnějšije razvitije etogo voprosa. = „Počvovedenije“ 11, 1957, s. 88-97. — 15. PETERBURGSKIJ, A. V. - JANIŠEVSKIJ, F. V.: Formy kalija v počve pri mnogoletnem priměneniji udobrenij. = „Izvestija TSCHA“ 6 (55), 1961, s. 113-124. — 16. POPE, A. - CHENNEY, H. S.: The potassium-supplying power of several Western Oregon soils. = „Proc. Soil Soc. Sci. Amer.“ 21, 1957, s. 75-79. — 17. PRATT, P.: Potassium removal from Iowa soils by green-house and laboratory procedures. = „Soil Sci.“ 72, 1951, s. 2. — 18. REITEMEIER, R. F.: Soil potassium. = „Adv. Agronomy“ 3, 1951, s. 113-164. — 19. RUYMBEKE, M. van.: Das Problem des Kalireichtums der Marschböden. = „Pedologia“ 13, 1963, s. 15-24. — 20. SEMB, G. - STEENBERG, K. - ØIEN, A.: Untersuchungen über das verfügbare Kalium in Böden mit unterschiedlicher Textur und unterschiedlichem Ausgangsmaterial. (Investigations on potassium, available in soils varying in texture and parent materials.) = „Acta Agric. Scand.“ 9, 1959, s. 229-252. — 21. SCHACHTSCHABEL, P.: Der anzustrebende pH-Wert, Phosphor und Kaliumgehalt von Ackerböden. = „Landw. Forsch.“ 17, 1963, s. 60-82. — 22. SCHEFFER, F. - WELTE, E.: Das dynamische Verhalten des Kaliums in den Böden des gemäßigten Klimas. Kalium-Symposium, Bern, 1955. — 23. SCHEFFER, F. - SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde, I. Teil: Bodenkunde. 3. völlig neubearbeitete Aufl. Verl. F. Enke, Stuttgart, 1960. — 24. SCHRÖDER, D.: Kaliumfestlegung und Kaliumnachlieferung von Lössböden. = „Landwirt. Forschung“ 8, 1, 1965, s. 1-7. — 25. SCHRÖDER, D. - HOFFMANN, W. E. - REICHENBACH, V. von: Beziehungen zwischen dem Kalium-Ernährungszustand der Pflanzen und den Ergebnissen der Bodenuntersuchung. = „Landw. Forschung“, 15, 1961, s. 48-60. — 26. SCHUFFELEN, A. C. - BOLT, G. H.: Ionic equilibria in soils. Verh. internat. Bodenkdl. Ges. 2, 1958, s. 132-146, Wageningen. — 27. SCHUFFELEN, A. C. - MAREL, H. W. van der: Potassium fixation in soils. Kalium Symposium 1955, s. 157-201, publ. vom Int. Kali-Inst. Bern. — 28. SCHWERDT, K. - JESSEN, W.: Düngungserfolg durch Kali auf hessischen Löss-lehm Böden. = „Landw. Forsch.“ 14, 1961, s. 160-167. — 29. SIROVÝ, V.: Ústní sdělení, 1966. — 30. SMITH, J. A. - MATTEWS, B. S.: Release of potassium by 18 Ontario soils during continuous cropping in the greenhouse. = „Canad. J. Soil Sci.“ 37, 1957, s. 1-10. — 31. STOLJAROVA, A. A.: K voprosu ob ispolzovanii rastenijami obměnnoj i neobměnnoj formy kalija v počve. = „Chimizacija soc. zemledělja“

2 a 3, 1940. — 32 VAŽENIN, I. G. - KARASEVA, G. I.: Ob agrochimičeských metodach opredělenija podvižnych form kalija v počvach. = „Počvovědenije“ 8, 1959, s. 87-92. — 33. WELTE, E. - NIEDERBUDDE, E. A. - WERNER, W.: Zur Kalium-Dynamik illitreicher Auslehme bei intensiver Bepflanzung. = „Z. f. Pflanzenernähr., Düng. u. Bodenkd.“ 96 (141), 1, 1962, s. 157-169. — 34. WIKLANDER, L.: Die Formen des Kaliums im Boden. (Forms of potassium in the soils) Kalium-Symposium 1954, Bern, 1954, s. 109-121. — 35. ŠKARDA, M.: Vliv statkových hnojiv na výnosy plodin v osevním postupu. Rostlinná výroba 9 (XXXVI), 3-4, 1963, s. 263-270.

Влияние удобрения на баланс фосфора и калия в почве

1. Первая ротация севооборота понизила количество усвояемого калия в пахотном профиле 0—25 см главных вариантов удобрения, в зависимости от интенсивности удобрения, на 10,0—2,1 мг/100 г до 11,5—21,1 мг K_2O /100 г.

2. До 1964 г. повысилось содержание усвояемого K_2O в почве по сравнению с не-удобренным контролем: местные удобрения на 2,5 мг/100 г) в органо-минеральных вариантах на 2,6—2,7 мг/100 г), минеральные удобрения на 4,0—6,9 мг/100 г и общее удобрение местными и минеральными удобрениями — на 6,6—9,6 мг/100 г.

3. Между содержанием усвояемого K_2O в почве и балансом внесенного и растениями взятого калия имеется линейная зависимость.

4. Растения берут в течение севооборота из почвенного запаса в главных вариантах удобрения 33—789 кг K_2O /га, т. е. 3—165 % из количества, отвечающего внесенному калию.

5. В наших условиях калий связывается в почве с большой вероятностью с илестыми минералами типа иллита, или минералами со смешанной структурой монтмориллонита и иллита.

6. Первая степень проверки показала, что вымывание калия из пахотного профиля 0—25 см в тяжелых рузыньских почвах минимальна (0,5 мг K_2O /100 мл почвенного раствора).

7. Почвы нашего опыта имеют весьма хорошую способность освобождать калий из почвенного запаса. Из неизменной фракции калия в почве было взято, в зависимости от интенсивности удобрения, 0—74 % от общего потребления калия растениями. Только в органо-минеральных вариантах содержание неизменного калия в почве увеличилось на 8—31 %, т. е. на 110—433 кг/га.

8. Фиксация и освобождение калия из почвенного запаса согласно нашим результатам имеет чрезвычайное значение для питания растений и поэтому в будущем нельзя довольствоваться, в особенности на почвах, фиксирующих K_2O , только определением содержания усвояемого K_2O в почве.

9. Сорбционная емкость и замещение илестых минералов в разных почвенных типах с разной зернистости почв могут указывать на целесообразность и пригодность дозпасного и запасного удобрения калием.

Текст к таблицам

- I Средние годовые дозы питательных веществ в главных вариантах удобрения за период 1956/1964 гг (в кг/га)
- II. Установленные и вычисленные величины содержания усвояемого калия в почве в начале и конце периода 1956/1964 (мг/100 г)
- III. Баланс внесенного и растениями взятого K_2O и содержания усвояемого калия в почве за период 1956/1964
- IV. Интенсивность потребления K_2O растениями (в кг/га) за опытный период 1956/1964

Текст к графикам

1. Баланс внесенного и растениями потребленного K_2O и содержания усвояемого K_2O в почве (мг/100 г) за период 1956/1964
2. Линейный тренд содержания усвояемого K_2O в почве при разной интенсивности удобрения (среднее 8 полей за период 1956/1964)

3. Доля неизменного калия от общего потребления K_2O растениями за период 1956/1964 (в %)
4. Так называемая элюционная кривая в почве опыта в Рузыне (определенное на более интенсивно удобренных участках)

Influence of Fertilizing on the Balance of Potassium in the Soil

1. During the 1st rotation of the alternation of crops, the amount of available potassium in the topsoil profile of 0–25 cm of the main fertilizing variants decreased in dependence on the intensity of fertilizing by 10.0–2.1 mg/100 g to 11.5–21.1 mg K_2O /100 g.

2. In comparison with the unfertilized control, the amount of available K_2O in the soil increased up to 1964 by the action of: farm yard manure by 2.5 mg/100 g (in the organic-mineral variants by 2.6–2.7 mg/100 g), industrial fertilizers by 4.0–6.9 mg/100 g, and in the case of combined application of farm yard manure and industrial fertilizers by 6.6–9.6 mg/100 g.

3. Between the amount of available K_2O in the soil and the balance of potassium supplied and taken up by the plants there is a linear dependence.

4. During the rotation of crops, the plants withdrew from the soil deposits 33–789 kg of K_2O per hectare in the main variants, i. e. 3–165 % of the amount corresponding to the potassium supplied by fertilizing.

5. Under Czechoslovak conditions, the potassium in the soil is fixed with highest probability to loamy minerals of the illite type, or to minerals having a mixed structure of montmorillonite and illite.

6. The first stage of examination proved that the washing out of potassium from the topsoil layer of 0–25 cm is minimum in the heavier Ruzyně soils (0.5 mg K_2O /100 ml of soil solution).

7. The soils of the experiment in question are well capable of releasing potassium from the soil deposit. The plants withdrew from the unexchangeable potassium fraction in the soil 0–74 % of the total potassium withdrawal in dependence on the intensity of fertilization. The content of unexchangeable potassium in the soil rose only in the organic-mineral variants by 8–31 %, i. e. by 110–433 kg/hectare.

8. The fixation of potassium in the soil and its releasing from the soil deposit is according to the results obtained of extraordinary significance for the nutrition of the plants, and in the future it will not be sufficient, therefore, to determine only the content of available K_2O in the soil, especially in soils fixing K_2O .

9. The sorption capacity and the representation of clay minerals in various soil types of various grain texture could indicate the purposefulness and appropriateness of preliminary supply and reserve fertilizing with potassium.

Text to tables

- I. Average yearly nutrient doses in the main fertilization variants in the period 1956/1964 (in kg/hectare)
- II. Found and calculated values of the amount of available potassium in the soil at the beginning and at the end of the period 1956/1964 (mg/100 g)
- III. Balance of K_2O supplied and withdrawn by the plants and of the content of available potassium in the soil in the period 1956/1964
- IV. Intensity of the withdrawal of K_2O by the plants and quotient of the withdrawal in the main fertilization variants (in kg/hectare) during the period 1956/1964

Text to graphs

1. Balance of K_2O supplied and withdrawn by the plants and of the content of available K_2O in the soil (mg/100 g) during the period 1956/1964
2. Rectilinear trend of the content of available K_2O in the soil at various intensity of fertilization (average from 8 plots during the period 1956/1964)

3. Percentage of unexchangeable potassium of the total withdrawal of K_2O by the plants in the period 1956/1964
4. Elution curve of K_2O in the soil obtained in the experiment in Ruzyně (determined on the most intensely fertilized plots)

Einfluß der Düngung auf die Kalibilanz im Boden

1. Während der I. Rotation der Fruchtfolge senkte sich die Menge des aufnehmbaren Kaliums im Ackerkrumenprofil vom 0 bis 25 cm der wichtigsten Düngungsvarianten, in Abhängigkeit von der Düngungsintensität, von 10,0–2,1 mg/100 g auf 11,5–21,1 mg K_2O /100 g.
2. Die nachstehenden Dünger bewirkten bis 1964 eine Erhöhung des Gehaltes an aufnehmbarem K_2O im Boden (im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle): Wirtschaftsdünger um 2,5 mg/100 g (in organisch-mineralischen Varianten um 2,6 bis 2,7 mg/100 g), Handelsdünger um 4,0–6,9 mg/100 g und die gemeinsame Düngung mit Wirtschafts- und Handelsdüngern um 6,6–9,6 mg/100 g.
3. Zwischen dem Gehalt an aufnehmbarem K_2O im Boden und der Bilanz des zugeführten Kali und des K_2O -Entzuges der Pflanzen besteht eine lineare Abhängigkeit.
4. Die Pflanzen entzogen während der Fruchtfolge aus dem Bodenvorrat in den Hauptvarianten der Düngung 33–789 kg K_2O /ha, d. h. 3–165 % der durch die Düngung zugeführten Kalimenge.
5. Bei unseren Bedingungen wird das Kalium im Boden fixiert, und zwar höchstwahrscheinlich auf Tonmineralien des Types Illit, eventuell an Mineralien von gemischter Struktur des Montmorillonit und Illit.
6. Die erste Prüfungsstufe brachte einen Beweis, daß das Ausschwemmen von Kali aus dem Ackerkrumenprofil 0–25 cm bei schwereren Böden von Ruzyně minimal ist (0,5 mg K_2O /100 ml der Bodenlösung).
7. Die Böden unseres Versuches besitzen eine sehr gute Fähigkeit, das Kalium aus dem Bodenvorrat freizumachen. Von der unaustauschbaren Kaliumfraktion im Boden wurde – in Abhängigkeit von der Düngungsintensität, 0–74 % von dem K_2O -Gesamtentzuge durch die Pflanzen aufgenommen. Nur in den organisch-mineralischen Varianten erhöhte sich der Gehalt an unaustauschbarem Kalium im Boden um 8–31 %, d. h. um 110–433 kg/ha.
8. Die Fixation und Freimachung von Kalium aus dem Bodenvorrat ist laut unserer Ergebnisse für die Pflanzenernährung von außerordentlicher Bedeutung; aus diesem Grunde genügt in der Zukunft nicht besonders bei den das K_2O fixierenden Böden, die alleinige Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem K_2O im Boden.
9. Die Sorptionskapazität und die Vertretung der Tonmineralien in verschiedenen Bodentypen mit verschiedener mechanischen Zusammensetzung könnte die Zweckmäßigkeit und Eignung der vor der Vorratsdüngung vorgenommenen Düngung, oder der Vorratsdüngung indizieren.

Text zu den Tafeln

- I. Durchschnittliche jährliche Nährstoffgaben bei den wichtigsten Düngungsvarianten für den Zeitraum 1956/1964 (in kg/ha)
- II. Ermittelte und errechnete Werte des Gehaltes an aufnehmbarem Kalium im Boden zu Beginn und beim Abschluß der Periode 1956/1964 (mg/100 g)
- III. Bilanz des zugeführten K_2O und des K_2O -Entzuges der Pflanzen und des Gehaltes an aufnehmbarem Kalium im Boden im Zeitraum 1956/1964
- IV. Intensität der K_2O -Aufnahme durch die Pflanzen und der Quotient des K_2O -Entzuges bei den wichtigsten Düngungsvarianten (in kg/ha) während der Periode 1956/1964

Text zu den graphischen Darstellungen

1. Bilanz des zugeführten K_2O und des K_2O -Entzuges der Pflanzen und des Gehaltes an aufnehmbarem K_2O im Boden (mg/100 g) während der Periode 1956/1964
2. Trend der Gerade des Gehaltes an aufnehmbarem K_2O im Boden bei verschiede-

- ner Düngungsintensität (Durchschnitt von 8 Schlägen für die Periode 1956/1964)
3. Anteil an unaustauschbarem Kalium von dem gesamten K_2O -Entzuge durch die Pflanzen für die Periode 1956/1964 (in %)
 4. Elutionskurve des K_2O im Boden des Versuches in Ruzyně (die Bestimmung geschah auf den intensivst gedüngten Parzellen)

Adresa autora:

Ing. Milan Škarda, CSc., Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby,
Praha - Ruzyně

■ Výsledky soustavného agrochemického zkoušení půd byly doposud využívány jednak jako podklad pro zpracování plánů hnojení, jednak se podle nich zpracovávaly agrochemické charakteristiky půd zemědělských závodů a administrativních oblastí. Jejich principem je procentuální vyjádření ploch zemědělské půdy, které připadají do jednotlivých kategorií agrochemických vlastností orníc; nevýhodou však je, že není podle nich možno vyhodnocovat další vztahy mezi jednotlivými agrochemickými vlastnostmi orníc navzájem a mezi dalšími faktory, které tyto vlastnosti ovlivňují. Pro studium těchto vztahů byla proto použita metoda děrných štítků a jejich zpracování strojní početní stanicí. Podobná metoda vyhodnocování výsledků agrochemického zkoušení nebyla doposud u nás využívána, proto bylo nutno získat zkušenosti jak v početnické technice, tak i v metodice a způsobech vyhodnocování výsledků.

Při agrochemickém zkoušení půd se často setkáváme s otázkami, jak působí hnojení průmyslovými hnojivy na změny v agrochemických vlastnostech orníc. Tyto otázky byly řešeny v řadě stacionárních výživářských pokusů a bylo dokázáno, že vyšší dávky hnojiv zvyšují obsah přístupných živin v půdě, kdežto při nedostatečném hnojení dochází k jeho zmenšování. Takové poznatky nebyly u nás dosud ověřeny v širším měřítku v provozních podmínkách, ačkoliv uvedené zjištění je významné pro orientaci, s jakým vývojem agrochemických vlastností orníc lze do budoucna počítat při stoupající intenzitě hnojení.

S touto otázkou úzce souvisí další, totiž jaký je vztah mezi agrochemickými vlastnostmi půd a dosahovanými výnosy. Podobnými souvislostmi se zabývala řada autorů, avšak většinou v podmínkách polních nebo nádobových pokusů. V ČSSR to byl v poslední době B a i e r, který studoval tyto otázky u obilovin. Jevila se však nutnost prověřit zjištěné závislosti v podmínkách zemědělského provozu a zjistit tak z hlediska agrochemického podkladu pro správné zaměření hnojařských opatření, která se soustřeďují na úpravu půdní úrodnosti.

METODIKA

Hledané vztahy byly sledovány na výsledcích soustavného agrochemického zkoušení půd z let 1961–1963 z okresů Mladá Boleslav, Havlíčkův Brod, Znojem, Galanta, Šumperk a Bruntál. Jmenované okresy zhruba vstihují poměr zastoupení jednotlivých výrobních oblastí v ČSSR, zachycují typické půdní a klimatické podmínky a představují množství rozborů, které vyhovuje kapacitě strojně početní stanice. Celkový počet vyhodnocených vzorků činil 97 793, z toho z výrobní oblasti kukurice 24 %, řepařské 23 %, bramborářské 40 % a z horské 13 %. Vzorky byly odebrány v celkovém počtu 497 zemědělských závodů o celkové výměře zhruba 300 000 ha.

Strojní početní stanice MZLH v Praze sestavila podle pokynů ÚKZÚZ projekty děrného štítku a jednotlivých sestav třídění a pomocí děrných štítků zpracovala výsledky rozborů vzorků.

Základním podkladem pro zpracování byly výsledky rozborů získané při soustavném agrochemickém zkoušení půd, které byly převzaty z archivů ÚKZÚZ a u všech zemědělských závodů doplněny o nutné administrativní údaje (číslo závodu, okresu, kraje a výrobní oblasti) a o údaje týkající se výnosů cukrovky, brambor, pšenice a ječmene a údaje o průměrných dávkách živin dodaných v průmyslových hnojivech, propočtených na celé plochy zemědělských závodů. Tyto údaje byly převzaty z roku 1963, který byl zvolen pro poměrně vyrovnané povětrnostní podmínky. Ve Strojní početní stanici byl pro každý vzorek zpracován jeden děrný štítek, na kterém bylo vyznačeno zrnitostní složení a agrochemické vlastnosti ornice, tj. druh půdy, pH, potřeba vápnění, obsah přijatelné P_2O_5 a obsah přijatelného K_2O spolu s agronomickými a administrativními údaji.

Je nutno zdůraznit, že průměrná intenzita hnojení byla propočtena pro celou plochu sledovaných zemědělských závodů a vztahuje se k celým skupinám půdních vzorků, které byly odebrány na příslušné výměře, nikoli k jednotlivým honům nebo dokonce k jednotlivým vzorkům. Intenzita hnojení se udává v průměrných dávkách kg/ha N, kg/ha P_2O_5 a kg/ha K_2O , použitých v průmyslových hnojivech a přepočtených na celou plochu zemědělské půdy závodů. Podobně je tomu i u dosažených výnosů: počítá se s průměrnými výnosy sledovaných plodin v rámci celého závodu, nikoli s výnosy na určitých jednotlivých honech. Tyto výnosy se pak uvádějí v souvislosti s výsledky rozborů všech půdních vzorků odebraných na celé ploše zemědělského závodu, nikoli pouze se vzorky z určitých honů. Metodika spočívá v pojetí zemědělských závodů jako základních jednotek pro studium hledaných vztahů, a to jak v agrochemických vlastnostech, tak i v intenzitě hnojení a v průměrných výnosech.

VÝSLEDKY

A. PRŮMĚRNÉ HODNOTY AGROCHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ ORNIC

Účelem provedené práce bylo charakterizovat agrochemické vlastnosti ornice v různých podmínkách ČSSR podle průměrných hodnot a zjistit vzájemné závislosti mezi nimi. Z toho hlediska byly propočteny tři základní vlastnosti: půdní reakce, obsah přijatelné P_2O_5 a obsah přijatelného K_2O . Při sledování vlivů různých podmínek byly vzaty v úvahu výrobní oblasti, druh půdy a půdní reakce.

V tabulce I je uveden propočet celkových průměrů ze všech vzorků bez ohledu na další faktory. Z výsledků vyplývá, že průměrné pH činí 6,3, což odpovídá kategorii slabě kyselých půd. Průměrný obsah přijatelné P_2O_5 činí 5,0 mg/100 g půdy, což odpovídá kategorii malé zásoby v půdě, a obsah K_2O 15,3 mg/100 g, což odpovídá kategorii střední zásoby v půdě.

Při rozboru jednoduchých závislostí byly průměrné výsledky nejdříve rozčleněny podle jednotlivých výrobních oblastí (tabulka I). Pozorujeme, že s výjimkou K_2O došlo ke značné diferenciaci. Nejnižší hodnoty pH a obsahu P_2O_5 mají ornice v horské oblasti, naproti tomu obsah K_2O je zde nejvyšší ze všech oblastí; podobně je možno hodnotit i vlastnosti ornice v bramborářské oblasti. Pro ornice řepařské oblasti vyplývá neutrální půdní reakce, obsah P_2O_5 je značně lepší, naproti tomu obsah K_2O je nejnižší ze všech oblastí. V kukuřičné oblasti je již průměrné pH v kategorii zásadité reakce, dochází k dalšímu zvýšení obsahu P_2O_5 , obsah K_2O se ve srovnání s řepařskou oblastí o něco zvyšuje.

Vliv půdního druhu se projevuje u průměrů propočtených ze sledovaných okresů u všech agrochemických vlastností, výrazněji však pouze u obsahu P_2O_5 . Půdní reakce a obsah P_2O_5 vykazují zde stejný trend: při jemnější zrnitosti jsou jejich hodnoty vyšší, naopak je tomu u obsahu K_2O . Rozdíly jsou však u všech vlastností málo výrazné a svědčí o tom, že u jednotlivých půdních druhů nastává

I. Průměrné agrochemické vlastnosti ornice v různých podmínkách ČSSR

Skupina třídění		Průměrné hodnoty agrochemických vlastností		
		pH	P ₂ O ₅	K ₂ O
Celkový průměr		6,3	5,0	15,3
Výrobní oblasti	kukuřičná	7,3	9,8	14,3
	řepařská	6,8	7,6	12,7
	bramborářská	5,8	2,7	16,6
	horská	5,5	1,9	17,1
Druh půdy	lehká	6,0	3,9	16,1
	střední	6,5	5,7	15,1
	těžká	6,7	6,7	14,1
Kategorie půdní reakce	pH do 5,5	5,1	1,7	16,6
	5,6 – 6,5	6,0	3,0	15,9
	6,6 – 7,2	7,0	7,1	14,7
	7,3 a více	7,6	10,8	13,5

velký rozptyl, jehož výsledkem jsou podobné průměry. Vyplyvá z toho, že půdní druh se neprojevuje při tomto způsobu hodnocení jako rozhodující faktor.

Průměrné hodnoty pH v jednotlivých kategoriích pH svědčí o tom, že dílčí hodnoty jsou nerovnoměrně rozloženy okolo středních hodnot kategorií; výjimkou je pouze kategorie slabě kyselých půd. Zvláště zajímavé jsou průměrné hodnoty pro kyselou půdu — pH 5,1 a pro zásaditou půdu pH 7,6, které jsou poměrně vysoké. Vliv půdní reakce se pronikavě projevuje u hodnot obsahu P₂O₅ v půdě: při zvyšování půdní reakce stoupá silně obsah P₂O₅, a to z 1,7 mg u kyselých půd až na 10,8 mg u zásaditých. U obsahu K₂O se vliv pH rovněž projevuje, avšak ve slabším rozsahu a v opačném směru: při zvyšování pH klesá obsah K₂O v ornici, a to ze 16,6 mg na 13,5 mg.

Při rozboru dvojitých závislostí byly hledány závislosti průměrných agrochemických vlastností na faktorech výrobní oblasti × druh půdy, výrobní oblast × kategorie pH a kategorie pH × druh půdy. Ukázalo se, že tendence zjištěné u dvojitých závislostí se v některých případech liší od tendencí pozorovaných při celkových jednoduchých závislostech, nebo že se při tomto detailnějším rozboru neprojevují. Velikost těchto změn se liší podle faktorů i podle jednotlivých agrochemických vlastností. Faktor 'výrobní oblast' má při tom pronikavý vliv na hodnoty všech agrochemických vlastností ve všech kombinacích faktorů a projevuje se jako dominantní. Půdní druh se projevuje vcelku slabě a jeho vliv se proti výsledkům u jednoduchých vztahů zeslabuje. Kategorie pH se projevuje ve všech kombinacích faktorů velmi silně na obsahu P₂O₅, kdežto u obsahu K₂O je tento vliv slabší a různorodější.

II. Průměrné agrochemické vlastnosti orníc ve výrobních oblastech při různém druhu půdy a při různé kategorii pH

Výrobní oblast	Kategorie pH	Průměrné hodnoty agrochemických vlastností při druhu půdy								
		lehká			střední			těžká		
		pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kukuřičná	do 5,5	5,2	—	14,8	4,9	4,5	12,4	5,2	5,3	9,3
	5,6—6,5	6,1	4,2	16,6	6,1	5,9	14,7	6,1	6,7	15,1
	6,6—7,2	6,9	6,8	17,1	7,0	8,5	16,0	7,0	7,9	17,7
	7,3 a více	7,5	9,3	13,8	7,6	11,0	13,0	7,7	12,3	13,9
Řepařská	do 5,5	5,1	3,0	11,8	5,1	1,7	11,3	5,1	2,5	12,5
	5,6—6,5	6,1	4,3	10,7	6,3	3,7	12,1	6,2	4,0	12,1
	6,6—7,2	7,0	8,5	11,9	7,0	8,1	13,0	7,0	7,7	13,7
	7,3 a více	7,4	10,3	11,8	7,4	11,4	12,9	7,4	11,4	14,5
Brambo- rářská	do 5,5	5,1	2,2	17,4	5,1	1,6	16,8	5,1	1,9	13,4
	5,6—6,5	6,0	2,7	17,2	6,0	2,5	16,8	6,1	2,9	13,8
	6,6—7,2	6,8	5,5	17,1	6,9	4,2	16,0	6,8	4,8	14,1
	7,3 a více	7,5	5,5	18,0	7,5	5,5	16,2	7,5	6,5	14,8
Horská	do 5,5	5,0	1,5	16,6	5,0	1,2	17,0	5,1	1,4	14,8
	5,6—6,5	6,0	2,0	17,6	5,9	2,0	17,2	5,9	3,3	16,6
	6,6—7,2	6,8	4,2	18,3	6,8	4,3	18,3	6,7	5,2	16,6
	7,3 a více	7,4	5,4	18,6	7,4	6,7	16,7	7,4	—	—

Při rozboru trojitých závislostí jsou hledány vztahy mezi všemi sledovanými faktory, tj. mezi výrobní oblastí, půdním druhem a kategorií pH vzhledem k hodnotám průměrných agrochemických vlastností. Východiskem pro hodnocení je srovnání s dvojitými závislostmi, které se zavedením třetího faktoru dále člení. Číselné údaje jsou uvedeny v tabulce II.

Z rozboru vyplývá, že hodnoty a tendence jednotlivých agrochemických vlastností, pozorované u dvojitých vztahů, se dále rozčleňují při uplatnění třetího faktoru. Toto rozčlenění má různý rozsah, závislý na intenzitě působení faktoru. Jako třetí faktor se pronikavě uplatňuje hlavní výrobní oblast a kategorie pH, méně se projevuje vliv půdního druhu.

Průměrné pH je ve všech kombinacích faktorů zpravidla nižší v horské oblasti, popřípadě i v bramborářské, vyšší hodnoty jsou v oblastech řepařské a kukuřičné.

Velikost obsahu P_2O_5 závisí hlavně na reakci půdy a na výrobní oblasti, jejich vlivy se navzájem zesilují. Nízké hodnoty P_2O_5 jsou v oblasti horské a při nízkém pH, zvyšují se k oblasti kukuřičné a při zvyšování pH. Půdní druh se při tom uplatňuje slabě.

Velikost obsahu K_2O závisí na pH souhlasně u všech půdních druhů toliko v oblasti kukuřičné, jinak se pH ve větším rozsahu neprojevuje. Vliv půdního druhu se projevuje ve výrobní oblasti bramborářské při všech pH, kde obsah klesá od lehkých půd k těžším; podobně je tomu i v kukuřičné oblasti při nízkém pH. Výrazně se projevuje vliv výrobní oblasti: v řepařské oblasti jsou ve všech podmínkách zpravidla nejnižší hodnoty K_2O , v oblasti horské nebo v bramborářské jsou hodnoty K_2O vysoké.

B. VLIV INTENZITY HNOJENÍ NA AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮD

Vztahy mezi intenzitou hnojení a hodnotami půdní reakce, obsahem P_2O_5 a obsahem K_2O jsou hodnoceny jednak podle celkových průměrných hodnot u těchto agrochemických vlastností, jednak podle průměrných hodnot v jednotlivých výnosových skupinách u sledovaných plodin. Pozorované vztahy jsou vesměs podobné u všech výrobních oblastí i u všech plodin; za příklad jejich vyjádření byla zvolena cukrovka v řepařské oblasti.

Při stupňované intenzitě hnojení dusíkem nedošlo k soustavným změnám v žádné sledované agrochemické vlastnosti ornice ani v jednotlivých výnosových skupinách cukrovky, ani v celkovém průměru bez ohledu na výnosy.

Průměrné hodnoty pH a obsahu P_2O_5 při různé intenzitě hnojení fosforem jsou uvedeny v tabulce III. U půdní reakce v některých výnosových skupinách lze pozorovat slabou tendenci, že při vyšší intenzitě hnojení fosforem se

III. Průměrné hodnoty agrochemických vlastností ornice při různé intenzitě hnojení fosforem

Dosažené výnosy cukrovky		Intenzita hnojení P_2O_5 kg/ha				
		do 17	18–23	24–29	30–35	nad 36
do 250 q	pH	—	6,5	6,8	6,7	6,8
	P_2O_5	—	5,8	8,3	5,8	4,3
251–300 q	pH	7,1	6,8	6,7	6,8	6,7
	P_2O_5	11,2	6,0	6,9	6,5	8,2
301–350 q	pH	—	7,1	6,9	6,9	6,6
	P_2O_5	—	9,5	7,1	8,3	6,8
351–370 q	pH	—	6,9	6,7	7,0	6,8
	P_2O_5	—	11,2	6,7	8,1	9,3
nad 371 q	pH	7,3	7,2	7,1	7,1	6,5
	P_2O_5	11,5	9,6	10,0	9,8	8,3
Celkový průměr	pH	7,2	6,8	6,9	7,0	6,6
	P_2O_5	11,3	8,0	7,8	7,8	7,1

sníží průměrné pH. U ostatních skupin není však tato tendence zřetelná a nejví se ani při propočtu celkového průměru pH. U průměrného obsahu P_2O_5 v ornici jsou tendence v jednotlivých výnosových skupinách ještě méně zřetelné než u pH, jeví se však u celkového průměru: čím je intenzita fosforečného hnojení větší, tím menší je obsah P_2O_5 v půdě. Tento jev lze vysvětlit tím, že na málo zásobených půdách se intenzivněji hnojí fosforečnými hnojivy, aniž by se projevil jejich vliv na zvýšení obsahu P_2O_5 .

U průměrných hodnot půdní reakce a obsahu přijatelného K_2O v ornici při stupňované intenzitě hnojení draslem se souhlasně ukázalo, že není zřetelnější vztah mezi těmito hodnotami a intenzitou hnojení draslem.

Z uvedených hodnot vyplývá, že zvyšovaná intenzita hnojení se dosud neprojevila výrazněji na změnách v půdní reakci, v obsahu přijatelných P_2O_5 a K_2O v ornici. Znamená to, že dosavadní úroveň hnojení nebyla natolik výrazná, aby jejím vlivem došlo k podstatnějšímu zvýšení v obsahu základních přijatelných živin v půdě.

C. VZTAHY MEZI AGROCHEMICKÝMI VLASTNOSTMI ORNIC A VÝNOSY PLODIN

Účelem této práce bylo studium souvislostí mezi hlavními agrochemickými vlastnostmi ornic — pH, obsahem P_2O_5 , obsahem K_2O a výnosy plodin. Materiál byl proto rozdělen podle výrobních oblastí typických pro dané plodiny a jednotlivé plodiny byly pak rozříděny do pěti skupin podle rozpětí dosažených výnosů. Pro každou dílčí skupinu byla propočtena průměrná hodnota sledované agrochemické vlastnosti, která se srovnává s příslušným výnosovým rozpětím. V některých případech se ukázalo, že při detailním rozřídění připadá na určité skupiny

IV. Vztahy mezi průměrnými hodnotami pH půdy a výnosy plodin

Výrobní oblast	Průměrné pH půdy při dosažených výnosech q/ha				
	do 250	251—300	301—350	351—370	nad 371
Cukrovka					
Kukuřičná	7,2	7,1	7,1	6,9	7,5
Řepařská	6,6	6,7	6,7	6,9	6,9
	do 20	21—25	26—30	31—35	nad 36
Pšenice					
Kukuřičná	7,5	7,4	7,1	7,0	7,2
Řepařská	6,2	6,5	6,7	6,8	6,8
Bramborářská	5,9	5,9	6,0	6,0	6,3
Ječmen					
Kukuřičná	7,4	7,2	7,1	—	—
Řepařská	6,6	6,7	6,8	6,7	7,0
Bramborářská	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9
Horská	5,8	5,9	6,1	6,3	—

nedostatečně velký počet případů, takže se objevily hodnoty, které se vymykají z obecných tendencí.

Podklady pro hodnocení vztahů mezi půdní reakcí a výnosy plodin jsou uvedeny v tabulce IV. U cukrovky se jeví závislost výnosu na půdní reakci v řepařské oblasti. V kukuřičné oblasti jsou hodnoty pH pro všechny skupiny výnosů v oblasti příznivé neutrální reakce. Výjimkou je kategorie nejvyšších výnosů, kterých bylo dosaženo na alkalických půdách.

U pšenice se jeví v oblasti řepařské a bramborářské přímá závislost mezi půdní reakcí a výnosem. Naproti tomu v kukuřičné oblasti je závislost nepřímá, vyšších výnosů bylo dosaženo na půdách s nižší hodnotou pH. Tendence je ale u obou skupin stejná; čím více se pH blíží optimální hodnotě přibližně 7,0, tím vyšší jsou výnosy.

Ječmen reagoval svými výnosy na stupeň půdní reakce zřetelně v řepařské a horské oblasti. V těchto oblastech byly na půdách s vyšším pH dosahovány vyšší výnosy. V kukuřičné oblasti se ukazuje obdobná závislost jako u pšenice — výnos stoupá s klesajícím pH, čili k optimu kolem pH 7,0, neboť nižších výnosů bylo dosaženo na alkalických půdách, vyšších na neutrálních. Těmito tendencím se vymykají výsledky z oblasti bramborářské, kde hodnota pH zůstává prakticky stejná a neprojevuje se na výši výnosu.

Podklady pro hodnocení vztahů mezi obsahem přijatelné P_2O_5 a výnosy plodin jsou uvedeny v tabulce V. U cukrovky vyplývá z hodnot průměrného obsahu P_2O_5 v ornici jednoznačná tendence v reakci cukrovky na obsah P_2O_5 v půdě, a to jak v oblasti kukuřičné, tak i řepařské: se zvyšující se zásobou přijatelné P_2O_5 v půdě byly dosaženy v těchto oblastech vyšší výnosy cukrovky. Přibližně lze propočítat, že zvýšení zásoby přijatelné P_2O_5 o 4,8 mg v kukuřičné oblasti a o 3,4 mg v řepařské oblasti odpovídá minimálnímu zvýšení

V. Vztahy mezi průměrným obsahem P_2O_5 v ornici a výnosy plodin

Výrobní oblast	Průměrný obsah P_2O_5 v ornici při dosažených výnosech q/ha				
	do 250	251—300	301—350	351—370	nad 371
Cukrovka					
Kukuřičná	6,4	8,1	10,0	9,7	11,2
Řepařská	6,2	7,2	7,4	7,8	9,6
	do 20	21—25	26—30	31—35	nad 36
Pšenice					
Kukuřičná	11,3	9,6	10,2	7,1	12,1
Řepařská	2,4	6,7	7,0	7,8	8,7
Bramborářská	4,2	5,2	4,2	4,5	5,1
Ječmen					
Kukuřičná	10,1	9,9	9,2	10,0	—
Řepařská	6,2	6,7	8,3	7,8	13,5
Bramborářská	1,8	2,9	2,7	1,8	2,1
Horská	1,8	1,8	2,8	5,4	—

výnosu cukrovky o 121 q. To znamená, že zvýšení obsahu P_2O_5 v ornici o 1 mg by odpovídalo zvýšení výnosu cukrovky o 25 q/ha v kukuřičné oblasti a o 35 q/ha v řepařské oblasti. Obdobné hodnoty vcelku souhlasí s obdobnými propočty získanými v NSR.

U pšenice byla závislost mezi obsahem P_2O_5 zjištěna v očekávaném smyslu v oblasti řepařské. Naproti tomu v oblastech kukuřičné a bramborářské pšenice na obsah P_2O_5 v ornici nereagovala. Jeví se to zejména v oblasti bramborářské, kde jsou rozdíly v obsahu P_2O_5 u jednotlivých výnosových skupin nepatrné. Předpokládaný soulad mezi zvyšujícími se výnosy a stoupajícím obsahem P_2O_5 v ornici byl tedy potvrzen pouze v oblasti řepařské, kde rozdíl v obsahu P_2O_5 činí 6,3 mg při rozdílu ve výnosech 16 q/ha, tj. 2,5 q na 1 mg přijatelné P_2O_5 .

U ječmene byly zjištěny podobné závislosti jako u pšenice, to znamená, že očekávaná tendence se projevila v oblasti řepařské a dále i horské. V oblastech bramborářské a kukuřičné byly zjištěny různé výnosy na půdách s přibližně stejným obsahem P_2O_5 . V řepařské oblasti činí rozdíl v obsahu P_2O_5 7,3 mg při rozdílu ve výnosech 16 q, tj. 2,2 q na 1 mg P_2O_5 . V horské oblasti činí rozdíl v obsahu P_2O_5 3,6 mg při rozdílu ve výnosech 13 q, tj. na 1 mg P_2O_5 připadá zvýšení výnosu 3,5 q/ha.

Vztah mezi obsahem přijatelného K_2O a výnosy plodin se vesměs neprojevil. K předpokládané relaci „vyšší obsah K_2O v ornici — vyšší výnosy“ došlo pouze u pšenice v kukuřičné oblasti a u ječmene v bramborářské oblasti.

DISKUSE

Zpracování výsledků soustavného agrochemického zkoušení půd pomocí dřevných štítků se ukázalo jako vhodná metoda pro hledání vztahů mezi agrochemickými vlastnostmi ornic a pro jejich charakteristiku v různých podmínkách.

Dominantním faktorem určujícím nejsilněji hodnoty agrochemických vlastností je výrobní oblast, kterou lze v tomto smyslu považovat za souhrnný ukazatel vlivů půdních typů a substrátů, klimatických podmínek, výrobního zaměření apod. Dalším důležitým faktorem je půdní reakce, která má zvláštní význam pro praktickou možnost agrotechnických zásahů.

Z výsledků propočtů nepřímě vyplývá, jak významným opatřením je správné vápnění pozemků, neboť výsledky šetření ukazují, že s prohlubující se kyselostí dochází ke zhoršování agrochemických vlastností ornic. Jeví se to zejména u obsahu přijatelné P_2O_5 , který je z hlediska půdní úrodnosti jedním z nejvýznamnějších problémů.

Z údajů v přehledu jasně vyplývá souhlasná tendence vlivů půdní reakce a výrobní oblasti na obsah P_2O_5 v ornici: obsah přijatelné P_2O_5 se zvětšuje při stoupajícím pH a od oblasti horské k oblasti kukuřičné. Obě závislosti se však navíc ještě navzájem kombinují a jejich působení se zesiluje, takže nejmenší průměrný obsah P_2O_5 je v oblasti horské při kyselých půdní reakci a nejvyšší obsah v oblastech řepařské a kukuřičné při zásadité reakci.

Zjištění, že intenzita hnojení okolo 100 kg/ha NPK neovlivňuje zásobu živin v ornici, potvrzuje dříve prováděné teoretické propočty. Při dávce 30 kg/ha P_2O_5 se dodá 1 mg P_2O_5 na 100 g půdy; toto množství nestačí krýt ani běžný roční odběr rostlinami a nemůže se proto projevit na zvýšení obsahu P_2O_5 v ornici. Provedená práce však potvrzuje, že uvedené zvýšení je nanejvýš žádoucí, neboť u většiny plodin znamenal vyšší obsah P_2O_5 v půdní zásobě soustavné dosaho-

vání vyšších výnosů. Ukazuje se, že je správná jedna z hlavních zásad tzv. „nové soustavy hnojení“, která doporučuje zaorávání větších dávek fosforečných hnojiv spolu s organickými hnojivy a tím vytvoření „staré půdní síly“, jejíž podstatou z agrochemického hlediska je zejména zvýšení obsahu P_2O_5 přijatelné rostlinami.

Stejně pronikavě se ukázalo, jak významný je další meliorační zásah — úprava půdní reakce na hodnoty optimální pro růst rostlin. Výsledky potvrdily, že nejvyšších výnosů se dosahuje při půdní reakci příznivé pro danou plodinu a že při odchylkách jak do kyselější, tak i do alkaličtější oblasti půdní reakce dochází ke snižování výnosů.

Získaný materiál dává podnět k dalším způsobům využití, které v této práci nebyly vyhodnoceny. Je to hlavně studium vlivu intenzity hnojení na výnosy, srovnání rozdílů mezi agrochemickými vlastnostmi orníc v různých oblastech vzhledem k velikosti dosahovaných výnosů, posouzení správnosti chemických metodik používaných při agrochemickém zkoušení půd, hledání příčin slabé korelace mezi obsahem K_2O v ornici a výnosy apod. Tyto náměty byly pokusně zpracovány, ale ukázalo se, že hodnocený materiál není v tomto ohledu dostatečně rozsáhlý, takže nelze vyvozovat určitější závěry. V další práci se bude pokračovat na základě metodik, které budou sestaveny podle získaných zkušeností.

SOUHRN

Výsledky soustavného agrochemického zkoušení půd byly vyhodnoceny s pomocí děrnoštítkových počítacích strojů. Byly vypočteny průměrné hodnoty půdní reakce, obsahu přijatelné P_2O_5 a přijatelného K_2O a hledány jejich vztahy k výrobním oblastem, ke kategoriím půdní reakce a k půdním druhům. Bylo zjištěno, že nejsilnějším faktorem je výrobní oblast, která ovlivňuje všechny sledované agrochemické vlastnosti. Kategorie pH se projevuje hlavně u obsahu P_2O_5 , méně u obsahu K_2O , vliv půdního druhu se projevil u propočtených průměrů agrochemických vlastností pouze slabě.

Na základě pozorovaných vztahů a hodnot lze vypracovat agrochemické charakteristiky různých výrobních oblastí. Zjištěné údaje potvrzují a vykládají nezbytnost odstraňování škodlivé kyselé půdní reakce z hlediska agrochemických vlastností orníc, zejména vzhledem ke zvyšování obsahu přijatelné P_2O_5 v půdě.

Při vyhodnocování vztahů mezi intenzitou hnojení, průměrnými agrochemickými vlastnostmi orníc a výnosy plodin bylo zjištěno, že při intenzitě hnojení odpovídající průměru zhruba 100 kg/ha čistých živin NPK v průmyslových hnojivech nedošlo k podstatnějšímu ovlivnění hodnot půdní reakce, obsahu přijatelné P_2O_5 a přijatelného K_2O v ornici. Potvrzuje se nutnost úprav půdní reakce na hodnoty optimální pro růst rostlin, neboť nejvyšších výnosů plodin se dosahuje při reakci nejpříznivější pro danou plodinu.

U většiny sledovaných plodin byl pozorován přímý vztah mezi výnosy a obsahem přijatelné P_2O_5 v ornici. Při zvýšení obsahu P_2O_5 v ornici o 1 mg se dosahuje zvýšení výnosu cukrovky v řepařské oblasti o 35 q/ha, v kukuřičné o 25 q/ha, u pšenice v řepařské oblasti o 2,5 q/ha, u ječmene v řepařské oblasti o 2,2 q/ha a v horské oblasti o 3,5 q/ha. Potvrzuje se tak správnost soustav hnojení usilujících o zvýšení obsahu přijatelné P_2O_5 v půdě. Vztah mezi zásobou přijatelného K_2O v ornici a výnosy se projevil jen výjimečně, většinou se souvislost neprojevila.

Došlo dne 21. 3. 1966

Literatura

1. BAIER, J.: Vliv zásoby živin na výnosy plodin. Kandidátská disertační práce. Archiv ÚVÚRV, Ruzyně, 1963. — 2. BAIER, J.: K otázce závislosti výnosu jarního ječmene na hladině živin v půdě. = „Rostlinná výroba“, 11, 1965, č. 6, s. 593-604. — 3. BAIER, J.: K otázce závislosti výnosu zrna na zásobě přístupných živin v nádobovém pokusu s ovsem. = „Rostlinná výroba“, 11, 1965, č. 7, s. 691-704. — 4. BERGMANN, W.: Ein Vergleich zwischen den Phosphorsäurewerten der systematischen Bodenuntersuchung und einigen natürlichen ertragsbedingenden Faktoren. = „Phosphorsäure“, 20, 1960, č. 6, s. 227-293. — 5. FINGER, D. - SCHACHTSCHABEL, P.: Auswertung der chemischen Bodenuntersuchung. = „Mitteil. DLG“, 77, 1962, č. 4, s. 102-104. — 6. FITTS, J. W.: Soil test summaries for predicting fertilizer ratios and type of lime needed. = „Soil Science of America Proceedings“, 20, 1965, č. 1. — 7. JENIKOV, K.: Práce na stanovení potřeby hnojení. = „Mezinárodní zemědělský časopis“, 1960, č. 1, s. 99-107. — 8. NĚMEC, A.: Výsledky I. cyklu agrochemického zkoušení půd v ČSSR. = „Rostlinná výroba“, 9, 1963, č. 12, s. 1193-1208. — 9. PAAUW, F.: Die optimale Versorgung von Boden und Pflanze mit Phosphor. = „Landw. Forschung“, 14, Sonderheft, 1961, s. 49-54. — 10. TAMM, E.: Beitrag zum Problem der chemischen Bodenuntersuchung und Einstufung der Böden nach ihrem Nährstoffbedarf. = „Zeitschr. für Acker- und Pflanzenbau“, 110, 1960, č. 1, s. 33-47.

Изучение взаимозависимости между агрохимическими свойствами пахотных слоев, удобрением и урожаями культур

Результаты систематического агрохимического исследования почв были обработаны при помощи перфорационных вычислительных машин. Были вычислены средние величины почвенной реакции, содержания усвояемой P_2O_5 и усвояемой K_2O , а также искались их отношения к производственным областям, к категориям почвенной реакции и почвенным видам. Было установлено, что в качестве наиболее сильного фактора проявляется производственная область, которая влияет на все изучаемые агрохимические свойства. Категория pH главным образом проявляется у содержания P_2O_5 , меньше у K_2O , влияние почвенного вида у вычисленных средних агрохимических свойств проявляется только слабо.

На основе наблюдаемых зависимостей и величин можно разработать агрохимические характеристики разных производственных областей. Полученные данные подтверждают и излагают необходимость устранять вредные кислые реакции с точки зрения агрохимических свойств пахотных слоев, в особенности с учетом повышения содержания усвояемой P_2O_5 в почве.

При оценке зависимостей между интенсивностью удобрения, средними агрохимическими свойствами пахотных слоев и урожаями культур было установлено, что при интенсивности удобрения, соответствующей среднему около 100 кг/га действующих веществ NPK в минеральных удобрениях, величины почвенной реакции и содержания усвояемой P_2O_5 и K_2O в пахотном слое существенно не менялись. Подтверждается необходимость довести почвенную реакцию до величины, оптимальной для роста растений, так как при реакции, наиболее благоприятной для данной культуры, достигаются самые высокие урожаи культур.

У большинства изучаемых культур наблюдалась непосредственная зависимость между урожаями и содержанием усвояемой P_2O_5 в пахотном слое. При повышении содержания P_2O_5 в пахотном слое на 1 мг урожая сахарной свеклы возрастают в свекловодческой области на 35 ц/га, в кукурузной области — на 25 ц/га, у пшеницы в свекловодческой области на 2,5 ц/га, у ячменя в свекловодческой области на 2,2 ц/га и в горной области на 3,5 ц/га. Таким образом подтверждается правильность систем удобрения, доказывающих повышение содержания усвояемой P_2O_5 в почве. Зависимость между запасом усвояемой K_2O в пахотном слое и урожаями проявилась только в исключительном случае; в большинстве эта зависимость не проявлялась.

Текст к таблицам

- I. Средние агрохимические свойства пахотных слоев в разных условиях ЧССР
- II. Средние агрохимические свойства пахотных слоев в производственных областях при разном виде почвы и при разной категории pH
- III. Средние значения агрохимических свойств пахотных слоев при разной интенсивности удобрения фосфором
- IV Зависимость между средними значениями pH почвы и урожаями культур
- V. Зависимость между средним содержанием P_2O_5 в пахотном слое и урожаями культур

Investigation of the Mutual Relations between the Agrochemical Properties of Soils, Fertilization, and Yields of Crops

The results obtained in systematic agrochemical soil testing were evaluated by means of punched card calculating machines. Calculated were the average values of soil reaction, the content of available P_2O_5 and K_2O , and their relations to the production areas, to the classes of soil reaction, and to kinds of soil were determined. It was found that the strongest factor is that of the production area, which influences all investigated agrochemical properties. The pH class affects chiefly the P_2O_5 content and less so the K_2O content, and the influence of the kind of soil appeared in the calculated averages of agrochemical properties only to a weak extent.

On the basis of the observed relations and values it is possible to work out the agrochemical characteristics of the different production areas. The ascertained data confirm and stress the need for a removal of the harmful acid reaction from the point of view of the agrochemical properties of soils, and that particularly with regard to a raising of the available P_2O_5 content in the soil.

In the evaluation of the relations between the intensity of fertilization, the average agrochemical properties of soils, and the yields of crops it was found that in the case of an intensity of fertilization corresponding to an average of roughly 100 kg per hectare of pure NPK nutrients in industrial fertilizers, there occurred no substantial influencing of the values of soil reaction and of the content of available P_2O_5 and K_2O in the soil. Confirmed was the need for a correction of the soil reaction to optimum values for the growth of plants, as the highest yields of crops are achieved with the most favourable reaction for the given crop.

In a majority of the investigated crops a direct relation between yields and available P_2O_5 in the soil was observed. In the case of a P_2O_5 content in the soil increased by 1 mg, an increase of sugar-beet yields by 3.5 metric tons per hectare was achieved in the beet production area, by 2.5 m. t. per hectare in the maize production region, the per hectare yields of barley in the beet production region increased by 0.22 m. t. and in montane regions by 0.35 m. t. This confirms the appropriateness of the system of fertilizing aiming at a raising of the content of available P_2O_5 in the soil. A relation between the supply of available K_2O in the soil and yields could be observed only in exceptional cases and in a majority of cases no such relation could be observed.

Text to tables

- I. Average agrochemical properties of soils under different conditions in Czechoslovakia
- II. Average agrochemical properties of soils in the production areas with different kinds of soil and different pH classes
- III. Average values of agrochemical properties of soils in the case of phosphorus fertilization of different intensity
- IV. Relation between average pH values of soil and yields of crops
- V. Relations between the average P_2O_5 content in the soils and yields of crops

Studium vzájemných vztahů mezi agrochemickými vlastnostmi půdy, hnojení a úrody

Es wurden Ergebnisse der systematischen Bodenuntersuchung mit Hilfe von Lochkartenrechenmaschinen ausgewertet. Es wurden durchschnittliche Werte der Bodenreaktion, des Gehalts an pflanzenaufnehmbarem P_2O_5 und pflanzenaufnehmbarem K_2O errechnet und die Beziehungen dieser Faktoren zu den Produktionsgebieten, Bodenreaktionskategorien und zu den Bodenarten gesucht. Es wurde festgestellt, daß sich als stärkster Faktor das Produktionsgebiet ergibt, welches alle verfolgten agrochemischen Eigenschaften beeinflusst. Die pH-Kategorie kommt hauptsächlich im Gehalte von P_2O_5 im Boden zum Vorschein, weniger im Gehalte von K_2O ; der Einfluß der Bodenart zeigte sich bei den errechneten Durchschnitten agrochemischer Eigenschaften nur schwach.

Auf Grund der beobachteten Beziehungen und Werte können agrochemische Charakteristiken verschiedener Produktionsgebiete ausgearbeitet werden. Die festgestellten Angaben bestätigen und erklären die Notwendigkeit der Beseitigung schäd-

licher saurer Reaktion vom Gesichtspunkt der agrochemischen Eigenschaften der Ackerkrumen, hauptsächlich in Bezug auf die Erhöhung von pflanzenaufnehmbarem P_2O_5 im Boden. Bei der Auswertung der Beziehungen zwischen der Intensität der Düngung, den durchschnittlichen agrochemischen Eigenschaften von Ackerkrumen und den Erträgen wurde festgestellt, daß bei einer Düngungsintensität, welche einem Durchschnitt von 100 kg/ha reiner NPK Nährstoffe in Mineraldüngern entspricht, keine wesentliche Beeinflussung der Werte von Bodenreaktion, des Gehalts an pflanzenaufnehmbarem P_2O_5 und K_2O in der Ackerkrume vorkam. Es wird die Notwendigkeit der Regelung der Bodenreaktion auf Werte, welche für den Wuchs der Pflanzen am günstigsten sind, bestätigt, denn die höchsten Erträge werden bei der für die gegebene Frucht günstigsten Bodenreaktion erzielt.

Bei den meisten beobachteten Früchten wurde eine direkte Beziehung zwischen den Erträgen und dem Gehalte am pflanzenaufnehmbaren P_2O_5 in der Ackerkrume beobachtet. Bei der Erhöhung des Gehaltes von P_2O_5 in der Ackerkrume um 1 mg wird im Rübenproduktionsgebiet eine Erhöhung von Zuckerrübenenerträgen um 35 dt/ha und im Maiserzeugungsgebiet um 25 dt/ha erzielt, bei Weizen im Rübenproduktionsgebiet wird eine Erhöhung um 2,5 dt/ha und bei der Gerste im Rübenproduktionsgebiet um 2,2 dt/ha erzielt, im Berggebiet beträgt diese Erhöhung 3,5 dt/ha. Hiemit wird die Richtigkeit von Düngungssystemen, welche die Erhöhung des pflanzenaufnehmbaren P_2O_5 im Boden anstreben, bestätigt. Eine Beziehung zwischen dem Gehalt an pflanzenaufnehmbarem K_2O in der Ackerkrume und zwischen den Erträgen hat sich nur ausnahmsweise erwiesen, meistens hat sich kein Zusammenhang ergeben.

Text zu den Tabellen

- I. Durchschnittliche agrochemische Eigenschaften der Ackerkrumen in verschiedenen Bedingungen der ČSSR
- II. Durchschnittliche agrochemische Eigenschaften in Produktionsgebieten bei verschiedenen Bodenarten und bei verschiedenen pH-Kategorien
- III. Durchschnittliche Werte agrochemischer Eigenschaften der Ackerkrumen bei verschiedener Intensität der Phosphordüngung
- IV. Beziehungen zwischen den durchschnittlichen pH-Werten des Bodens und den Erträgen
- V. Beziehungen zwischen dem durchschnittlichen Gehalt von P_2O_5 in der Ackerkrume und den Erträgen

Adresa autorů:

Ing. Adolf Němec, CSc., ing. Otto Mazanec,
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Praha 8, Sokolovská 1

■ Vlivem změny v technologii živočišné výroby zavedením bezstelivového ustájení se ještě zvětší nedostatek chlévské mrvy, ale bude k dispozici část stelivové slámy jako vhodný zdroj chybějících organických látek. K jejímu neefektivnějšímu využití je třeba vyřešit několik důležitých otázek, především vhodným způsobem upravit široký poměr uhlíku k dusíku. Nejběžnější je použití průmyslových dusíkatých hnojiv, méně běžné je použití motýlokvěťových rostlin na zelené hnojení a fekálií. Při aplikaci průmyslových hnojiv je důležitý druh dusíkatého hnojiva a doba jeho zapravení, jak o tom svědčí práce mnoha zahraničních autorů (Jung, Riehle 1966, Lampe 1962, Smirnov 1965, Springer 1962, Springer, Klee, Wagner 1962). Z termínů je pokládáno za nejvhodnější jarní, méně již podzimní zapravení, úzce však související s druhem půdy a půdním typem (Ansorge 1964, Jodlowski 1964, Piasecki 1964). Velká pozornost je věnována poměru uhlíku k dusíku a z toho plynoucí nutnost zúžení tohoto poměru, aby rychle probíhající biologická sorpce dusíku nebyla příčinou nedostatku přijatelného dusíku pro růst rostlin (Allison, Klein 1962, Broadbent, Tyler 1962, Günther 1960, Jung, Riehle 1966, Simon 1959, Stewart, Johnson, Porte 1963, Sylvestre, Quillon, Boischot 1952). Používané zelené hnojení je vhodnou, avšak jenom částečnou náhradou chybějícího dusíku (Brade 1961, Grütz 1950, Jerofejev, Vostrov 1964, Lindner, Solarz 1964, Schmidt 1964). Ve většině publikovaných prací zabývajících se použitím slámy je však hlavním kritériem výnos následných plodin (Barbier 1962, Brade 1961, Ferguson, Gorby 1964, Chandra, Bollen 1963, Jodlowski 1964, Kick 1962, Lindner, Solarz 1964, Majka 1964, Mayr, Barbier 1961, Schmidt 1964).

METODIKA

Z široce řešené problematiky související s využitím slámy jsou v práci uvedeny výsledky laboratorních a nádobových pokusů. V nich je sledován vliv slámy s různými dávkami dusíku a druhy průmyslových dusíkatých hnojiv na intenzitu rozkladu slámy, přeměny a sorpci dusíku i výnos následné plodiny.

V provedených pokusech byla použita zemina hnědozemního půdního typu, dobře zásobená fosforem, středně zásobená draslem, s pH půdy 7,49. Sláma ozimé pšenice s poměrem C:N = 78:1 byla před použitím v nádobových pokusech rozstříhávána na kousky 1,5–2 cm dlouhé, pro laboratorní pokusy byla rozemleta. Pokusná plodina kukuřice, odrůda 'Český koňský zub bílý', vysévaná do Mitscherlichových nádob se 6 kg zeminy, byla sklizena na zelenou hmotu. Z průmyslových dusíkatých

hnojiv byl používán ledek vápenatý (16,06 % N), síran amonný (20,50 % N), ledek vápenatoamonný (24,80 % N), močovina (45,40 % N) u ureaform (40,73 % N s 28,27 % N vodorozpuštěného, M : F = 2). V provedených laboratorních pokusech byly použity skleněné nádoby se 6 nebo 5,5 kg zeminy a inkubovány při 28 °C. Celkový dusík byl stanoven Kjeldahlovou metodou, amoniakální dusík kolorimetricky s Nesslerovým činidlem, nitrátový dusík kolorimetricky s kyselinou fenoldisulfonovou, množství kyslíčnicku uhličitého bylo stanoveno interferometricky.

V prvním nádobovém pokusu byl sledován výnos kukuřice ve variantě se slámou (30 g na nádobu), se slámou a 0,3 g dusíku v ledku vápenatém, síranu amonném, ledku vápenatoamonném a močovíně.

Ve druhém nádobovém pokusu byly založeny varianty s pšeničnou a řepkovou slámou (50 g na nádobu), s nižší (0,5 g na nádobu) a vyšší (1,0 g na nádobu) dávkou dusíku v síranu amonném. Bob, odrůda 'Chlumecký', byl sklizen na počátku květu, rozstříhán a zapraven do půdy v čerstvém stavu.

Ve třetím nádobovém pokusu bylo k 50 g slámy aplikováno 0,5 g dusíku v síranu amonném, močovíně a ureaformu.

V laboratorních pokusech jsme pro stanovení intenzity rozkladu slámy použili respirometrického testu upraveného Novákem (1962); 50 g čerstvé zeminy bylo inkubováno 20 hod. v termostatu při 28 °C a interferometricky stanovený kyslíčnick uhličitý je uveden v mg na 100 g suché zeminy. Ve stejných termínech byl stanoven amoniakální a nitrátový dusík.

V prvním laboratorním pokusu byl sledován vliv slámy (30 g na nádobu), dusíku (0,4 g na nádobu), močoviny, ureaformu a slámy s těmito hnojivy na respiraci, množství amoniakálního a nitrátového dusíku.

V dalším laboratorním pokusu byly zvyšovány dávky dusíku (0,2 g, 0,4 g, 0,5 g a 0,6 g na nádobu) v síranu amonném při použití stejného množství slámy (50 g na nádobu), stanovena respirace půdy a obě formy dusíku jako u pokusu předchozího. Termíny stanovení jsou uvedeny ve výsledných tabulkách a grafech.

VÝSLEDKY

V obr. 1 uvedené výsledky ukazují, že se sláma a v průmyslových hnojivech dodaný dusík neprojeví příliš zřetelně, což bylo způsobeno nižšími dávkami slámy i dusíku a vyšším obsahem přijatelného dusíku v půdě. Ve variantách bez slámy byl maximální výnos kukuřice zjištěn při aplikaci ledku vápenatoamonného a močoviny, ve variantách se slámou při aplikaci síranu amonného.

Ve druhém nádobovém pokusu (obr. 2, 3 a 4) se vliv slámy a dusíku průmyslových hnojiv projevil velmi výrazně. Ve variantě se slámou nastal silný pokles, ve variantách s dusíkem naopak velmi podstatné zvýšení výnosu kukuřice. Ve variantách se slámou a dusíkem se projevila zřetelně výhodnější vyšší dávka dusíku, tedy zúžení poměru C : N. Rozdíly v ovlivnění výnosu kukuřice slámou řepkovou nebo pšeničnou nebyly příliš velké. Výnos kukuřice ve variantách s bobem byl přibližně na úrovni nižší dávky dusíku.

Také ve třetím pokusu (obr. 5) se výrazně projevil vliv slámy i dusíkatých hnojiv. Ve variantách bez slámy se z dusíkatých hnojiv neúčinněji projevil vliv síranu amonného a močoviny, nižšího výnosu bylo dosaženo ureaformem. Ve variantách se slámou se nejvýrazněji projevila močovina, slaběji síran amonný a nejnižšího výnosu bylo dosaženo opět ureaformem.

V optimálních podmínkách laboratorního pokusu probíhal rozklad slámy poměrně rychle, což se projevilo i při stanovení respirace půdy (obr. 6 a 7). Maximální hodnoty byly zjištěny v prvních dnech po založení pokusu. Při použití močoviny a ureaformu se slámou se respirace zvýšila a maximum se o několik dnů posunulo. Zřetelné rozdíly při použití těchto dvou hnojiv však zjištěny nebyly. Na počátku pokusu zjištěné rozdíly v jednotlivých variantách se později vyrovnaly a získané hodnoty byly téměř shodné až do konce pokusu. Ve variantách s dusíkem (tab. I, II) byly zjištěny rychlé změny ovlivněné hydrolýzou močoviny

I.–IV. Množství amoniakálního i nitrátového dusíku

I.

Varianta pokusu	Množství N — NH_4 v mg na 100 g suché zeminy dne									
	11. 5.	12. 5.	15. 5.	20. 5.	25. 5.	31. 5.	7. 6.	14. 6.	23. 7.	6. 9.
Zemina	0,47	0,47	0,32	1,44	1,00	0,28	0,10	—	0,11	0,09
Zemina se slámou	0,75	0,37	0,36	1,37	1,11	0,28	0,09	—	0,10	0,09
Zemina s močovinou	8,66	28,29	19,87	18,46	15,57	6,26	1,04	—	0,22	0,20
Zemina s ureaformem	2,45	3,45	4,04	1,29	1,10	0,40	0,11	—	0,17	0,17
Zemina se slámou a močovinou	7,75	24,67	12,93	11,79	4,70	0,86	0,10	—	0,31	0,20
Zemina se slámou a ureaformem	3,18	3,46	2,88	1,58	0,86	0,34	0,10	—	0,16	0,17

II.

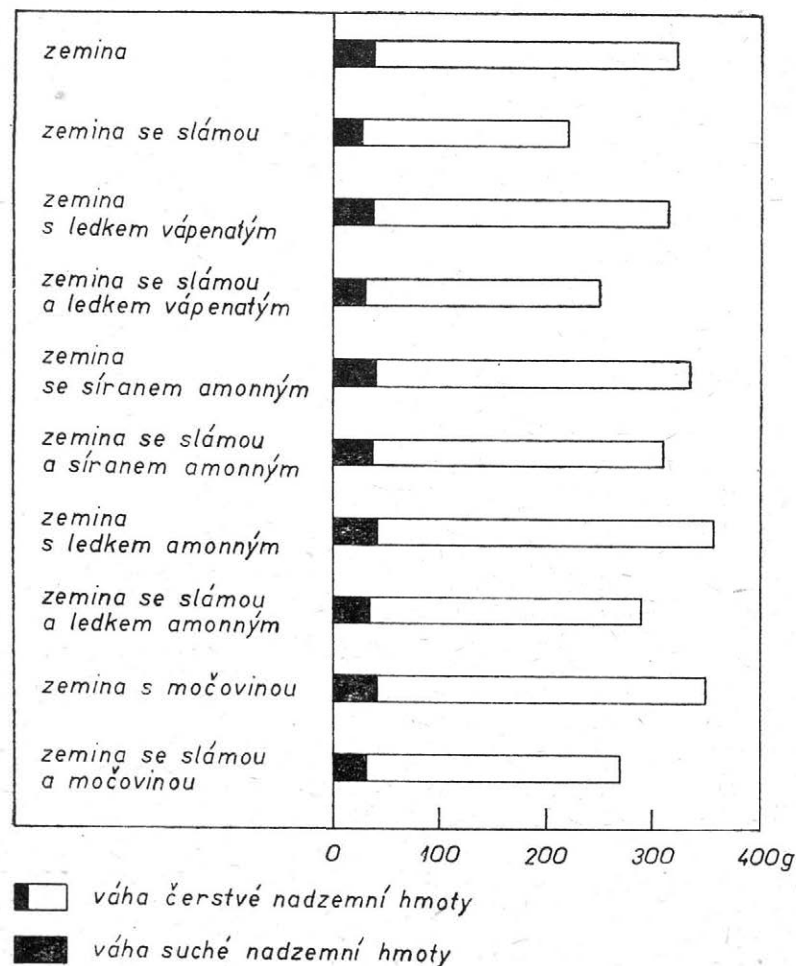
Varianta pokusu	Množství N — NO_3 v mg na 100 g suché zeminy dne									
	11. 5.	12. 5.	15. 5.	20. 5.	25. 5.	31. 5.	7. 6.	14. 6.	23. 7.	6. 9.
Zemina	0,94	1,74	1,87	2,11	2,30	2,31	2,44	2,87	3,97	4,96
Zemina se slámou	0,74	0,99	0,17	0,23	0,12	0,05	0,05	0,09	0,41	1,33
Zemina s močovinou	0,81	1,44	1,94	4,17	10,09	23,75	31,00	34,34	34,92	40,12
Zemina s ureaformem	0,83	1,73	3,29	7,62	9,55	14,25	17,29	20,64	28,59	32,68
Zemina se slámou a močovinou	0,67	1,43	2,94	9,56	18,33	26,50	28,49	27,44	32,53	37,16
Zemina se slámou a ureaformem	0,75	1,50	0,89	2,44	5,59	9,49	14,05	16,09	24,11	29,35

III.

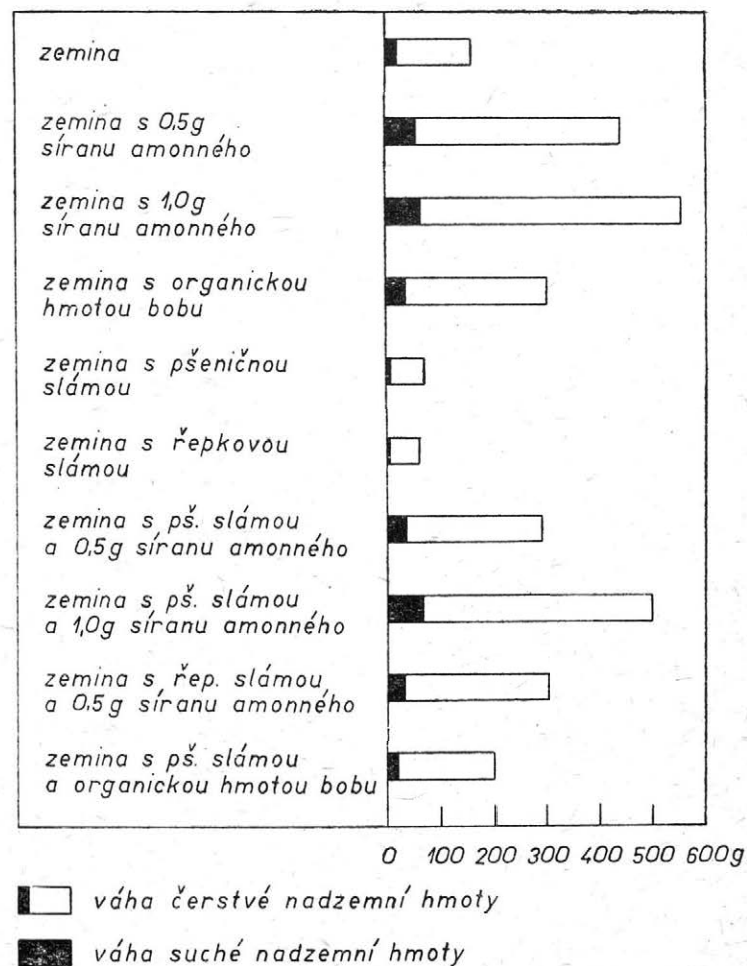
Varianta pokusu	Množství N — NH_4 v mg na 100 g suché zeminy dne							
	18. 11.	19. 11.	22. 11.	26. 11.	2. 12.	8. 12.	15. 12.	23. 12.
Zemina	0,14	0,22	0,12	0,08	0,06	0,09	0,03	0,07
Zemina se slámou	0,37	0,34	0,19	0,12	0,05	0,11	0,04	0,08
Zemina se slámou a 0,2 g N	4,05	2,95	0,19	0,12	0,07	0,11	0,03	0,16
Zemina se slámou a 0,4 g N	7,15	6,25	0,16	0,14	0,06	0,09	0,05	0,11
Zemina se slámou a 0,5 g N	8,97	10,07	0,21	0,15	0,04	0,07	0,05	0,08
Zemina se slámou a 0,6 g N	10,04	8,29	0,26	0,17	0,07	0,11	0,04	0,11

IV.

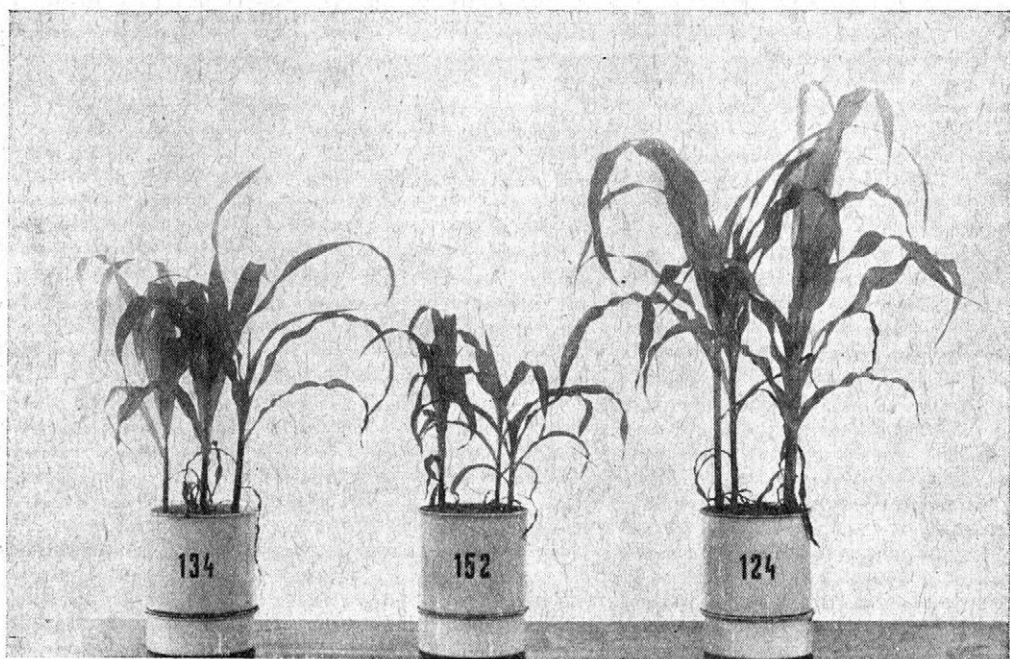
Varianta pokusu	Množství N — NO_3 v mg na 100 g suché zeminy dne							
	18. 11.	19. 11.	22. 11.	26. 11.	2. 12.	8. 12.	15. 12.	23. 12.
Zemina	0,87	0,90	1,04	0,55	1,62	1,72	1,56	2,66
Zemina se slámou	0,71	0,63	0,06	0,12	0,04	0,05	0,02	0,06
Zemina se slámou a 0,2 g N	1,15	2,51	0,05	0,14	0,05	0,06	0,02	0,10
Zemina se slámou a 0,4 g N	1,18	2,59	1,00	0,26	0,05	0,07	0,04	0,20
Zemina se slámou a 0,5 g N	0,91	2,57	3,33	0,91	0,26	0,29	0,48	0,83
Zemina se slámou a 0,6 g N	1,10	2,57	4,60	2,55	1,08	0,95	1,43	2,05



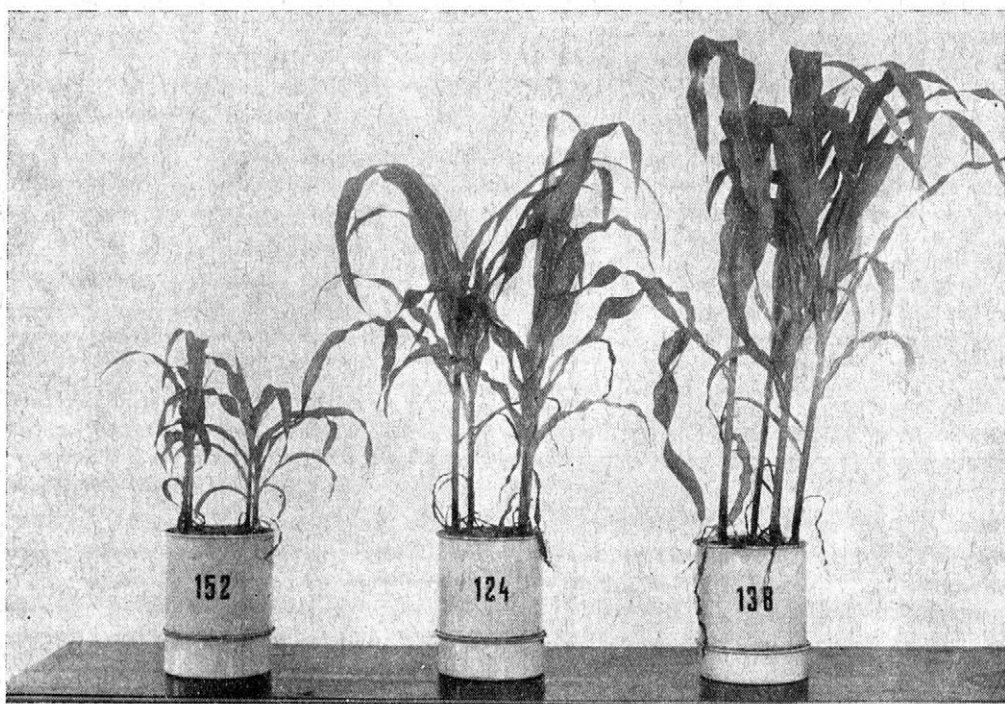
1. Vliv slámy a různých druhů dusíkatých hnojiv na výnos kukuřice



2. Vliv řepkové a pšeničné slámy, bobu a síranu amonného na výnos kukuřice



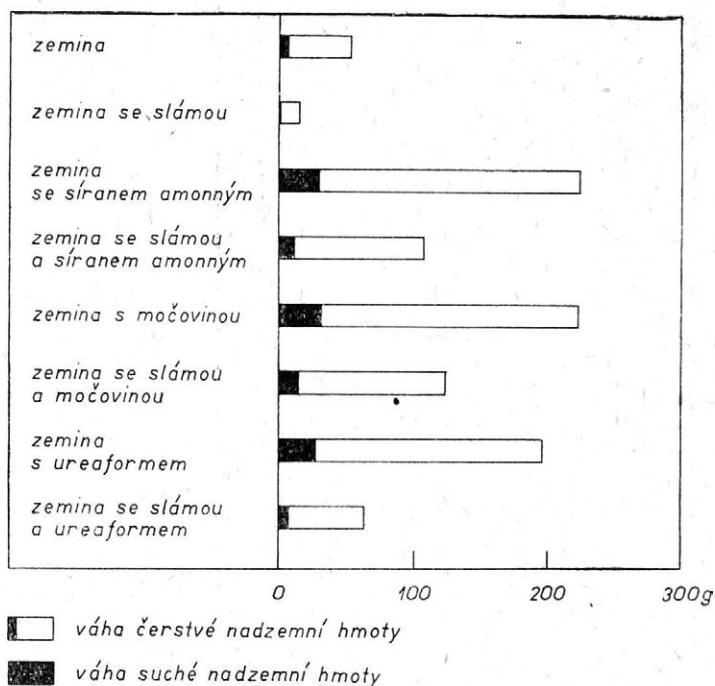
3. Vliv slámy na kukuřici. Nádoba č. 134 — zemina, 152 — zemina se slámou, 124 — zemina se slámou a 0,5 g dusíku



4. Vliv slámy na kukuřici. Nádoba č. 152 — zemina se slámou, 124 — zemina se slámou a 0,5 g dusíku, 138 — zemina se slámou a 1,0 g dusíku

a rychle probíhající nitrifikací. Přeměna ureaformu je pozvolnější a nahromaděný amoniakální dusík je rychle nitrifikován. Průběh křivek je obdobný, i když zjištěné hodnoty jsou nižší než u močoviny.

Pokus se zvyšovanými dávkami dusíku při použití slámy (obr. 8 a 9) ukazuje zřetelně vliv zužujícího se poměru C : N na rychlost rozkladu slámy projevující se vyšší respirací půdy. Průběh byl jako u pokusu předchozího, tj. maximum na počátku pokusu, později pokles a zmenšení rozdílů mezi jednotlivými variantami. Ve variantách s aplikovaným dusíkem (tab. III, IV) probíhala rychle nitrifi-



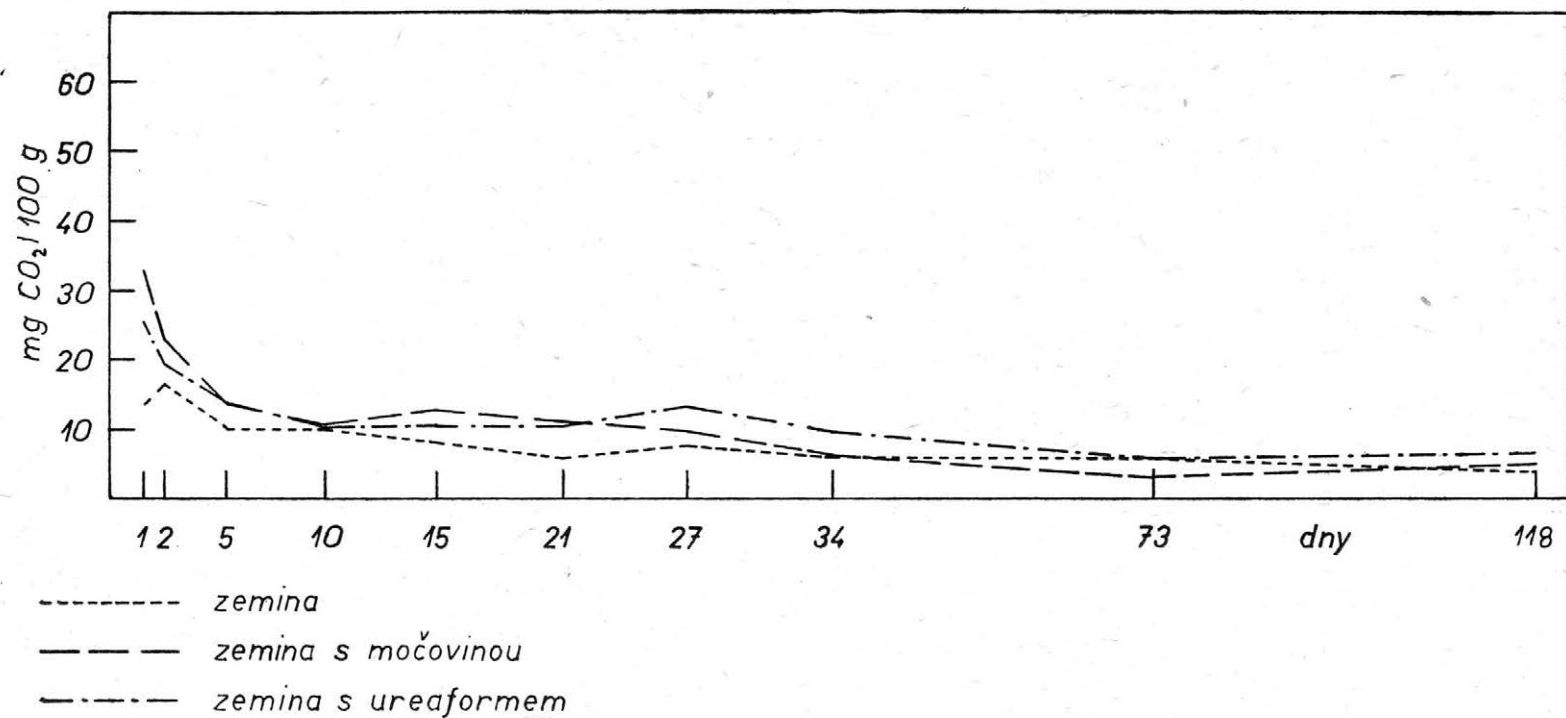
5. Vliv slámy, síranu amonného, močoviny a ureaformu na výnos kukuřice

fikace amoniakálního dusíku a současně též jeho biologická sorpce. Lze však předpokládat, že nejintenzivnější biologická sorpce probíhá u nitrátového dusíku, což je nejzřetelnější u variant s nejvyššími dávkami dusíku. Po dosažení maxima čtvrtého dne nastává silný pokles nitrátů, dosahující hodnot i nižších než v půdě kontrolní.

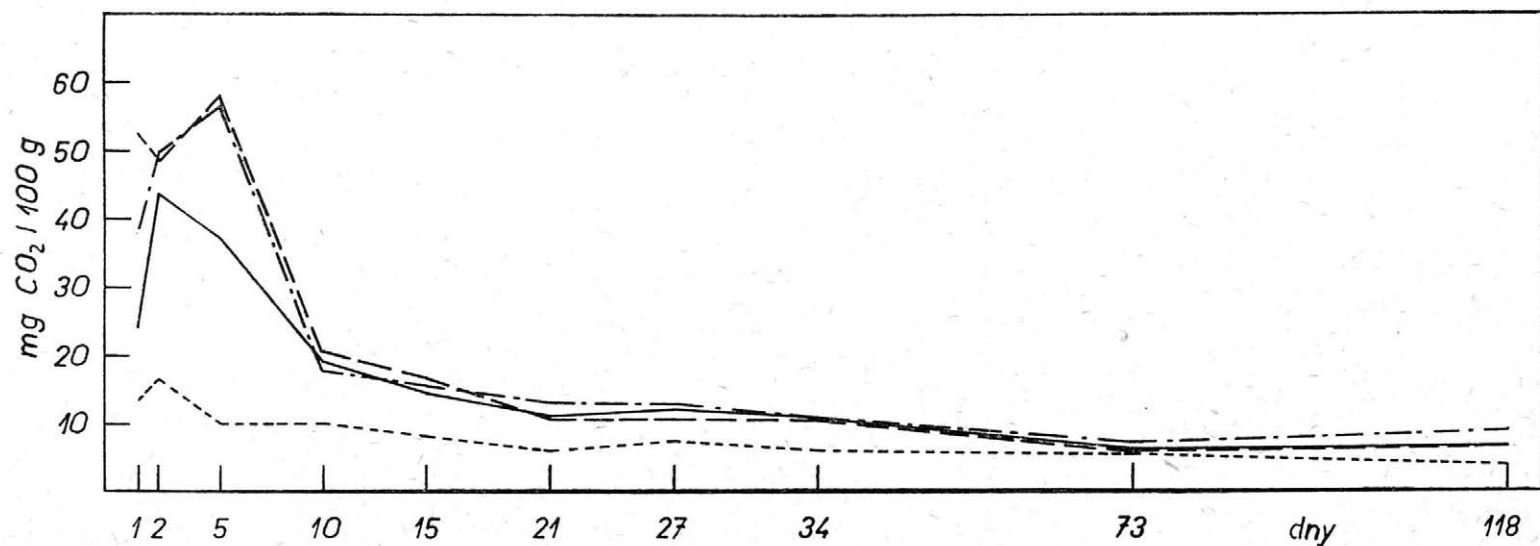
DISKUSE

Výsledky uvedených nádobových a laboratorních pokusů jsou součástí studia sledujícího vliv slámy na chemické a biologické vlastnosti půdy. Řeší tedy pouze část velmi široké problematiky spočívající především ve správné volbě druhu dusíkatého hnojiva a dávky dusíku, upravující poměr C : N; dále ve sledování rychlosti rozkladu slámy a s ní velmi těsně související biologické sorpci dusíku a ovlivnění výnosu.

Volbě vhodného dusíkatého hnojiva věnovala pozornost řada pracovníků,

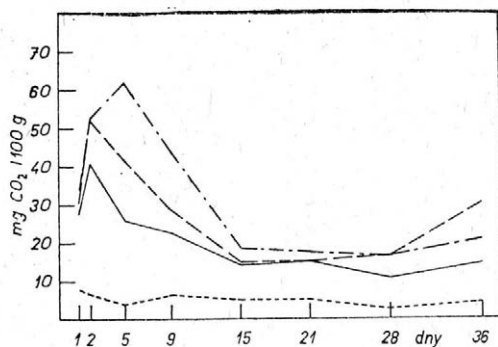


6. Vliv močoviny a ureaformu na respiraci půdy

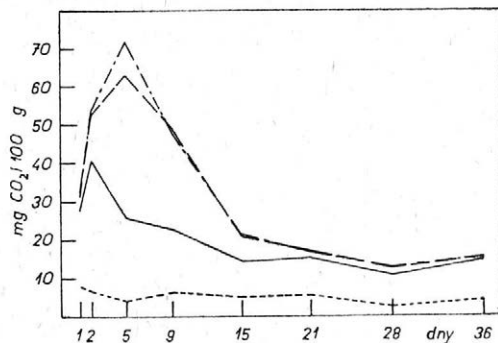


- zemina
- zemina se slámou
- zemina se slámou a močovinou
- zemina se slámou a ureaformem

7. Vliv slámy, močoviny a ureaformu na respiraci půdy



----- zemina
 — zemina se slámou
 - . - zemina se slámou a 0,2 g N
 - - - zemina se slámou a 0,4 g N



----- zemina
 — zemina se slámou
 - . - zemina se slámou a 0,5 g N
 - - - zemina se slámou a 0,6 g N

8. Vliv slámy se stupňovanými dávkami dusíkatých hnojiv na respiraci půdy

9. Vliv slámy se stupňovanými dávkami dusíkatých hnojiv na respiraci půdy

avšak výsledky jsou v mnoha případech rozdílné nebo protichůdné, závislé především na půdních a klimatických podmínkách. Zdá se však, že nejlepší výsledky jsou s použitím síranu amonného.

V současné době nelze opomenout ani možnost použití pomalu působících dusíkatých hnojiv, která by zabránila ztrátám dusíku vznikajícím při podzemním zapravení.

V našich pokusech se nejlépe osvědčila močovina a síran amonný. Možnost použití ureaformu, který dal horší výsledky, bude třeba prověřit též v polních podmínkách.

Aby nenastalo vlivem intenzivně probíhající biologické sorpce při rozkladu slámy odčerpávání dusíku nutného pro následnou plodinu, je třeba upravit nepříznivý poměr C : N ve slámě na poměr 20—25 : 1. Při praktické aplikaci slámy doporučuje většina autorů dávku 0,5—1,0 kg N na 100 kg slámy (L a m p e 1962, M a j k a 1964). Také v našich pokusech byla potvrzena důležitost dostatečné zásoby dusíku, který je jedním z rozhodujících činitelů při tvorbě výnosu následné plodiny.

Podle výsledků některých autorů je vhodné použít slámu současně se zeleným hnojením (B r a d e 1961, G r ü t z 1950, S c h m i d t 1964), především s podsevem jetele bílého. I když není třeba pochybovat o vhodnosti takové varianty, je nutno dodat, že chybějící dusík není motýlkovými rostlinami plně nahrazen a je třeba počítat s jeho částečným doplněním průmyslovými hnojivy.

Výsledky laboratorních pokusů s respirací půdy nebo biologickou sorpcí dusíku (A l l i s o n, K l e i n 1962, B a r r o w, J e n k i n s o n 1962, B r o a d b e n t, T y l e r 1962, N o m m i k 1962), které jsme získali, nejsou v rozporu s výsledky zahraničních autorů. Případné odchylky jsou způsobeny použitím půd lišících se fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi.

ZÁVĚR

1. V nádobových a laboratorních pokusech byl sledován vliv slámy a průmyslových dusíkatých hnojiv na respiraci půdy, bilanci dusíku a výnos kukuřice.

2. Sláma bez přihnojení dusíkem velmi podstatně snižovala výnos kukuřice.

K odstranění nepříznivého vlivu slámy na výnos bylo z aplikovaných dusíkatých hnojiv nejvhodnější použití močoviny a síranu amonného.

3. Ovlivnění respirace půdy slámou bylo nejpronikavější na počátku pokusu a zvyšovalo se se stoupající dávkou dusíku.

4. Rychle probíhající hydrolýzou močoviny a nitrifikací amoniakálního dusíku bylo maximum nitrátů na počátku pokusu, později nastal pokles způsobený biologickou sorpcí.

Došlo dne 5. 7. 1966

Literatura

1. ALLISON, F. E. - KLEIN, C. J.: Rates of immobilization and release of nitrogen following additions of carbonaceous materials and nitrogen to soil. = „Soil. Sci.“, 93, 1962, s. 383-386. — 2. ANSORGE, H.: Ergebnisse von Strohdüngungsversuchen. = „Z. landwirtsch. Versuchs- u. Untersuchungswes.“, 10, 1964, s. 21-29. — 3. BARBIER, S.: The present stand of fertilizing with straw. = „Bodenkultur“, 13, 1962, s. 198-225. — 4. BARROW, N. J. - JENKINSON, E. S.: The effect of waterlogging on fixation of nitrogen by soil incubated with straw. = „Plant and Soil“, 16, 1962, s. 258-262. — 5. BRADE, K.: Der Einfluß der Strohdüngung auf den Pflanzen-ertrag unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffdüngung. = „Giessen, Inst. f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung d. Justus-Liebig-Universität Giessen, 1961, 232 s., 19. příl. — 6. BROADBENT, F. E. - TYLER, K. B.: Laboratory and greenhouse investigations of nitrogen immobilization. = „Soil Sci. Soc. Amer. Proc.“, 26, 1962, s. 459-463. — 7. FERGUSON, W. G.: Note on the effect of stubble and straw residues on the availability of nitrogen. = „Can. J. Soil Sci.“, 37, 1957, s. 145-146. — 8. FERGUSON, W. S. - GORBY, B. J.: Effect of straw on availability of nitrogen to cereal crops. = „Can. J. Soil Sci.“, 44, 1964, s. 286-291. — 9. GRÜTZ, W.: Field experiments on the effect of straw as influenced by green manure. = „Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde“, 51, 1950, s. 151-153. — 10. GÜNTHER, E.: Die Bedeutung des Stickstoff-Verhältnisses der organischen Bodensubstanz. = „Organischer Landbau“, 1960, s. 55-57. — 11. CHAMINADE, R.: Influence de la paille à différents états de fermentation sur la fertilité d'un sol. = „Ann. agron.“, 14, 1963, s. 5-12. — 12. CHANDRA, P. - BOLLEN, W. B.: Nitrogen transformation formations as influenced by rates of wheat straw and nitrogenous fertilizers in a loam soil. = „Soil Sci. Plant Nutr.“, 9, 1963, s. 59-64. — 13. JEROFEJEV, N. S. - VOSTROV, I. S.: Ispolzovanije solomy v kačestvě neposredstvennogo udobrenija. = „Izvestija AN SSSR, biol.“, 1964, s. 668-676. — 14. JODLOWSKI, J.: Badania nad technologią przorywania słomy z nawozami mineralnymi dla celów nawozowych. = „Zesz. nauk WSR Szczecin“, 1964, s. 85-93. — 15. JUNG, J. - RIEHLE, G.: Mehrjährige Gefäßversuche zur Frage der Strohdüngung und ihre Auswirkung auf die Stickstoffversorgung der Kulturpflanzen. = „Z. Acker- und Pflanzenbau“, 1966, s. 345-355. — 16. KICK, H.: Eignet sich die Strohdüngung für alle Böden? = „Landwirtschaftl. Wochenblatt“, 1962, s. 1378-1379. — 17. LAMPE, S.: Vegetationsversuche zur Strohdüngung unter besonderer Berücksichtigung einer Chlorpikrinbehandlung des Bodens und der N-Auswaschung aus unbewachsenen und bewachsenen Lysimetern. = Bonn, Hoh. Landw. Fak. Rhein. F. Wilhelms-Univ., 1962, 121 s. — 18. LINDNER, H. - SOLARZ, J.: Niektóre zagadnienia nawożenia słomą. = „Nove Rolnictwo“, 13, 1964, s. 16-19. — 19. MAJKA, L.: Zastosowanie nawożenia słomą z dodatkiem azotu mineralnego na glebach lekkich. = „Zesz. Problemowe Postep. Nauk Rolnicz.“, 1964, s. 311-313. — 20. MAYR, H. H. BARBIER, S.: Zur Wirkung der Stickstoffdüngung nach Strohunterbringung. = „Bodenkultur“, 12, 1961, s. 1-5. — 21. NOMMIK, H.: Mineral nitrogen immobilization and carbon dioxide production during decomposition of wheat straw in soil as influenced by temperature. = „Acta Agric. Scand.“, 1962, s. 81-94. — 22. NOVÁK, B.: Výzkum nejvhodnějšího způsobu přípravy a využití statkových hnojiv ke zvyšování úrodnosti půdy a hektarových výnosů. = Závěrečná zpráva. ÚVÚV Praha - Ružyně 1962. — 23. PIASECKI, J.: Wpływ dodatku azotu na przyspieszenie rozkladu słomy w glebie. = „Zesz. nauk WSR Szczecin“, 1964, s. 82-85. — 24. SEGETOVÁ, V.: Využití slámy jako hnojiva. = „Studijní informace, Půd., mel.“, 1963, s. 302-348. — 25. SCHMIDT, K.: Eine Literaturübersicht über den gegenwärtigen Stand der Strohdüngung. = „Z. landwirtsch. Versuchs- u. Untersuchungswes.“, 10, 1964, s. 5-20. — 26. SIMON, G.: L'enfouissement des pailles dans le sol, étude générale et réper-

cussions sur la microflore du sol. = Institut national de la recherche agronomique, Paris, 1959, 103 s. — 27. SMIRNOV, P. M.: Dinamika različných form azota pri rozložení rastitělných ostátkov v počve. = Moskva, „Doklady TSCHA, Agrochimija, fiziologia rastenij, Počvovedenje“, 1965, s. 131-139. — 28. SPRINGER, U.: Über die Verrottung von Stroh unter dem Einfluß verschiedener Stickstoffdünger. Ein Beitrag zum Problem der Strohdüngung. = „Landwirtsch. Forsch.“, 1962, s. 225-230. — 29. SPRINGER, U. - KLEE, J. - WAGNER, A.: Über die quantitativen Veränderungen der organischen Substanz sowie der organischen Stickstoff-Formen bei der Verrottung eines Gemisches von Stroh und Grünmasse in Gegenwart verschiedener Stickstoffdünger. = „Bayerisch. Landwirtschaftl. Jahrbuch“, 1962, s. 528-551. — 30. STEWART, B. A. - JOHNSON, D. D. - PORTER, L. K.: The availability of fertilizer nitrogen immobilized during decomposition of straw. = „Soil Sci. Soc. Amer. Proc.“, 27, 1963, s. 656-659. — 31. SYLVESTRE, G. - QUILLON, P. - BOISCHOT, P.: Fixation de l'azote minéral par les microorganismes décomposant les pailles de céréales dans le sol. = „Ann. agron.“, 3, 1952, s. 579-582. — 32. SZEGI, J. - GULYÁS, F.: Die Wirkung des Stickstoffes und Phosphors auf die Zersetzung von Stroh sowie auf die Anhäufung einzelner B-Vitamine im Boden. = „Zbl. Bakt. Abt. II“, 118, 1964, s. 491-499.

Влияние соломы и азотных удобрений на респирацию почвы и урожай кукурузы **Опыты в сосудах и лабораторные опыты**

1. При опытах в сосудах и лабораторных опытах изучалось влияние соломы и минеральных азотных удобрений на респирацию почвы, баланс азота и урожай кукурузы.
2. Солома без дополнительного удобрения азотом весьма существенно понижала урожай кукурузы. Для устранения неблагоприятного влияния соломы на урожай из применяемых азотных удобрений наиболее пригодным было применение мочевины и сульфата аммония.
3. Влияние соломы на респирацию почвы было наиболее резким в начале опыта и увеличивалось с возрастающей дозой азота.
4. В результате быстро проходящего гидролиза мочевины и нитрификации аммиачного азота максимум нитратов отмечался в начале опыта, позже произошло понижение, вызванное биологической сорбцией.

Текст к таблицам

I.—IV. Количество аммиачного и нитратного азота

Текст к рисункам

1. Влияние соломы и разных видов азотных удобрений на урожай кукурузы
2. Влияние рапсовой и пшеничной соломы, бобов и сульфата аммония на урожай кукурузы
3. Влияние соломы на кукурузу. Сосуд № 134 — земля, 152 — земля с соломой, 124 — земля с соломой и 0,5 г азота
4. Влияние соломы на кукурузу. Сосуд № 152 — земля с соломой, 124 — земля с соломой и 0,5 г азота, 138 — земля с соломой и 1,0 г азота
5. Влияние соломы, сульфата аммония, мочевины и уреаформа на урожай кукурузы
6. Влияние мочевины и уреаформа на респирацию почвы
7. Влияние соломы, мочевины и уреаформа на респирацию почвы
8. Влияние соломы с возрастающими дозами азотных удобрений на респирацию почвы
9. Влияние соломы с возрастающими дозами азотных удобрений на респирацию почвы

Influence of Straw and Nitrogenous Fertilizers on Soil Respiration and Maize Yield **Pot and Laboratory Experiments**

1. Pot and laboratory experiments were undertaken to investigate the influence of straw and industrial nitrogenous fertilizers on soil respiration, nitrogen balance and maize yield.
2. Straw without additional nitrogen fertilization reduced the maize yield very considerably. Elimination of the unfavourable influence of straw upon the yield due to the applied nitrogenous fertilizers was most advantageously achieved by the use of urea and ammonium sulphate.

3. The influence of straw upon soil respiration was most pronounced at the beginning of the experiments and increased with rising nitrogen doses.

4. Rapidly proceeding hydrolysis of urea and nitrification of ammonia nitrogen led to the maximum amount of nitrates at the beginning of the experiment, whereas later a decrease was caused by biological sorption.

Text to the tables

I.-IV. Amount of ammonia nitrogen and of nitrate nitrogen

Text to the figures

1. Influence of straw and various kinds of nitrogenous fertilizers on maize yield
2. Influence of rape and wheat straw, beans and ammonium sulphate on maize yield
3. Influence of straw on maize. Pot No. 134 — earth, 152 — earth with straw, 124 — earth with straw and 0.5 g of nitrogen
4. Influence of straw on maize. Pot No. 152 — earth with straw, 124 — earth with straw and 0.5 g of nitrogen, 138 — earth with straw and 1.0 g of nitrogen
5. Influence of straw, ammonium sulphate, urea and ureaform on maize yield
6. Influence of urea and ureaform on soil respiration
7. Influence of straw, urea and ureaform on soil respiration
8. Influence of straw with rising doses of nitrogenous fertilizers on soil respiration
9. Influence of straw with rising doses of nitrogenous fertilizers on soil respiration

Einfluß des Strohes und der Stickstoffdünger auf die Respiration des Bodens und auf den Maisertrag Gefäß- und Laborversuche

1. Durch Gefäß- und Laborversuche verfolgte man den Einfluß des Strohes und der Stickstoff-Handelsdünger auf die Respiration des Bodens, Stickstoffbilanz und auf den Maisertrag.

2. Das Stroh ohne Zusatzdüngung mit Stickstoff setzte den Maisertrag beträchtlich herab. Die zweckmäßigste Maßnahme zur Beseitigung des ungünstigen Einflusses des Strohes auf den Ertrag war die Anwendung von Harnstoff und Ammoniumsulfat im Vergleich zu anderen applizierten Stickstoffdüngern.

3. Die Beeinflussung der Respiration des Bodens durch das Stroh war bei Beginn des Versuches am intensivsten und erhöhte sich mit steigender Stickstoffgabe.

4. Infolge der rasch vor sich gehenden Hydrolyse des Harnstoffes und der Nitrifikation des Ammoniakal-Stickstoffes konnte die Höchstmenge der Nitrates zu Beginn des Versuches verzeichnet werden; später trat eine Herabsetzung infolge der biologischen Sorption ein.

Text zu den Tafeln

I.-IV. Menge des Ammoniakal- und Nitratstickstoffes

Text zu den Abbildungen

1. Einfluß des Strohes und verschiedener Stickstoffdüngerarten auf den Maisertrag
2. Einfluß des Raps- und Weizenstrohes, der Ackerbohne und des Ammoniumsulfates auf den Maisertrag
3. Einfluß des Strohes auf den Mais. Gefäß Nr. 134 — Erde, 152 — Erde mit Stroh, 124 — Erde mit Stroh und 0,5 g Stickstoff
4. Einfluß des Strohes auf den Mais. Gefäß Nr. 152 — Erde mit Stroh, 124 — Erde mit Stroh und 0,5 g Stickstoff, 138 — Erde mit Stroh und 1,0 g Stickstoff
5. Einfluß des Strohes, Ammoniumsulfates, Harnstoffes und des Ureaformes auf den Maisertrag
6. Einfluß des Harnstoffes und Ureaformes auf die Bodenrespiration

7. Einfluß des Strohes, Harnstoffes und *Ureaformes* auf die Bodenrespiration
8. Einfluß des Strohes mit stufenweise erhöhten Stickstoffdüngergaben auf die Bodenrespiration
9. Einfluß des Strohes mit stufenweise erhöhten Stickstoffdüngergaben auf die Bodenrespiration

Adresa autora:

Ing. Jiří Apltauer, CSc., Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby,
Praha-Ruzyně

■ Pokusy s využitím minerálních sorbentů typu bentonitu jako prostředku k zúrodnění zejména písčitých půd probíhají nejen v zahraničí, ale také u nás.

Bentonity mají velký specifický povrch ($422 \text{ m}^2/\text{g}$), značně poutají vodu, mají složitou pórovitou strukturu a velkou výměnnou schopnost. Tyto vlastnosti ovlivňují také jejich sorpční schopnost (Vlasjuk, Darmienko 1959). Účinnou složkou bentonitu je jílový minerál montmorillonit. Jílové minerály jsou schopné vyměňovat nejen kationty a anionty, ale i vazby organických látek do tzv. organominerálních komplexů. Sorpce kationtů, aniontů i celých molekul neprobíhá pouze na povrchu strukturní mřížky, ale může nastat i uvnitř krystalové struktury, jestliže jsou prostory mezi elementárními vrstvičkami mřížky dostatečně roztažitelné. Tato vnitřní sorpce je charakteristická hlavně pro minerály montmorillonitické skupiny. Z tohoto stručného popisu je zřejmé, že uvedené vlastnosti bentonitu by měly kladně ovlivňovat vodní režim v půdě a využívání prvků základních živin a všech mikroelementů stimulujících růst kulturních rostlin.

Použitím bentonitu pro zúrodnování písčitých půd se u nás prvně zabýval prof. Stejskal. Dalším rozvinutím výzkumu bentonitu, mimo jiné také ve spojení s využitím mikroelementů pro růst ječmene, se zabývá tento článek. Popsaná práce je zaměřena na sledování vlivu zinku na růst ječmene, a to na jeho uvolňování z bentonitu nasyceného zinečnatými ionty a jeho schopnost vázat toxické množství těchto iontů.

V přírodě se zinek nachází nejčastěji jako sfalerit v krychlové modifikaci a wurtzit v hexagonální modifikaci ZnS . Mimo tyto dva základní nerosty se v přírodě vyskytuje zinek vzácněji ve formě oxidických rud, karbonátů a křemičitanů (Kašpar, Přistoupil 1954).

Obsah zinku je závislý na charakteru hornin. Podle Vinogradova obsahují kyselé horniny méně zinku než zásadité. Například žula obsahuje $6 \cdot 10^{-3}$ zinku a bazické $1,3 \cdot 10^{-2} \%$ zinku. Při zvětvávání hornin a minerálů přechází zinek do pohyblivé, výměnné nebo ve vodě rozpustné formy. Snížením pH se zvyšuje pohyblivost zinku (Pejve 1960).

Zinek je prvkem pro rostliny vysoce toxickým. Ještě v koncentraci $1 : 1\,000\,000$ až $10\,000\,000$ působí na rostliny ve vodních kulturách jedovatě. Pouze ve velkých zředěních působí stimulačně. Za přítomnosti železa se toxicita zinku podstatně snižuje (Kašpar, Přistoupil 1964). Zinek potřebují rostliny hlavně na tvorbu semen. Nedostatek zinku se projevuje ve vývinu kořenů a zakrňování růstu rostlin. Zinek je důležitý aktivátor enzymů a nezbytný pro syntézu indolactové kyseliny, důležitého růstového regulátoru v rostlinách. Obsah

auxinu může být při nedostatku zinku ještě o 50 % menší, aniž se objeví zřetelné příznaky nedostatku. Souběžně klesá obsah vody a tryptofanu (Meyer a kol. 1960).

Je známa řada prací, kdy byl sledován vliv zinku např. na růst ovocných stromů a vinné révy. Vzhledem k tomu, že dochází ke snadné vaznosti zinku v půdě, byl řešen jeho nedostatek postřikem síranem zinečnatým. Dále byl zjišťován vliv zinku na růst ovsa a při závlivce 800 l/ha 0,01 % roztoku zinku se zvýšila úroda zrna ovsa o 31 % (Pejve 1960).

V popisované práci je sledován vliv samotného zinku a pak zinku s některými dalšími mikroelementy na růst ječmene v synteticky připravené písčité půdě s bentonitem, jehož přítomnost jakožto sorbentu měla zajistit ochranu všech mikroelementů před vyplavováním.

POKUSNÁ ČÁST

K pokusům byl použit bentonit z ložiska Vysoké Třebušice. Spektrálním a chemickým rozborom bylo zjištěno celkové složení trebušického bentonitu. Spektrální rozbor byl proveden řádově v procentech podle subjektivního třídění na spektrografu Zeiss Q 24 v laboratoři Ústavu pro výzkum rud v Praze.

Kvantitativní stanovení jednotlivých prvků bylo provedeno běžně používanými metodami při analýze silikátů. Velká pozornost byla věnována stanovení zinku v zemině i rostlinném materiálu. Po ověření vhodnosti metody byla zvolena extrakční metoda s dithizonem a chloridem uhličitým (Dragomírecký a kol. 1963).

Nádobový pokus byl založen v Mitscherlichových vegetačních nádobách o průměru a výšce 20 cm. Jako zemina byla použita směs 8 kg čistého sklářského písku se syceným a přirozeným neupravovaným bentonitem ve sledovaných dávkách 20 q/ha a 100 q/ha. Hnojiva byla přidávána v konstantním přídatku ve všech variantách a opakováních (Duchon, Hampel 1962). Odpovídající dávky hnojiv byly síran amonný 1 q/ha, fosforečnan vápenatý 2 q/ha, chlorid draselný 1,5 q/ha. Sledoval se jarní ječmen 'Valtický'. Pokus byl založen ve variantách, jak je uvedeno u jed-

I. Spektrální rozbor (obsah prvků vyjádřen řádově v ‰)

10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
Fe, Si	Al, Na, Ca, Mg	Ti, K, Mn	Zn, Cu	V, Co, B, Ni, Ba

II. Celkový chemický rozbor

Stanovení	%	Stanovení	%
CaO	4,65	MnO	0,20
K ₂ O	0,98	Al ₂ O ₃	13,76
P ₂ O ₅	0,58	Na ₂ O	1,13
MgO	3,85	TiO ₂	2,17
SiO ₂	43,91	S	0,09
Fe ₂ O ₃	7,48	FeO	0,14
Cu	0,011	Zn	0,02
Ztráty sušením při 105° C	8,10	Ztráty žiháním při 950° C	11,41

notlivých pokusů. Všechny varianty se čtyřikrát opakovaly. Bylo připraveno zásobní množství bentonitu nasyceného zinečnatými ionty. Bentonit se sytil roztokem chloridu zinečnatého (1 ml → 10 mg zinku), po 48hodinové výměně byl odstředěn na odstředivce při 6000 ot/min, po odstředění několikrát promyt alkoholem až do vymizení reakce na zinečnaté ionty. Takto upravený bentonit byl analyzován a výsledkem bylo zjištění, že 1 g bentonitu obsahuje 50 mg zinku.

Bentonit se navážil v dávkách, které odpovídají 20 q/ha a 100 q/ha, tj. 5 g a 25 g. Odvážené množství bentonitu se důkladně smíchalo na mísicím stroji s 8 kg písku a nasyvalo do vyparafinované vegetační nádoby. Stejným způsobem byly připraveny nádoby s nenasyčeným bentonitem a byla provedena zálivka roztokem zinečnatých iontů ve stejné variantě, jako tomu bylo s bentonitem nasyceným. Byly také připraveny kontroly s čistým pískem a s bentonitem bez dodání zinku.

První nádobový pokus byl založen 17. 7. 1965 a probíhal 3 týdny; byl proveden ve 28 vegetačních nádobách a měl tyto varianty:

1. Kontrola s bentonitem nenasyčeným 100 q/ha
2. Bentonit nasycený zinečnatými ionty 100 q/ha
3. Kontrola s bentonitem nenasyčeným 20 q/ha
4. Bentonit nasycený zinečnatými ionty 20 q/ha
5. Písek bez bentonitu zalitý 90 ml roztoku chloridu zinečnatého (1 ml → 10 mg zinku)
6. Písek a nenasyčený bentonit v dávce 100 q/ha zalitý 90 ml roztoku chloridu zinečnatého (1 ml → 10 mg zinku)
7. Čistý písek

Do každé nádoby byl přidán 1 g rašeliny a hnojiva, jak jsme dříve již uvedli. Ječmen v počtu 100 zrn byl vyset do nádoby 1,5 cm hluboko a obsah nádoby zalit 800 ml vody. Během vegetačního období činily srážky 900 ml a zálivkou bylo dodáno 1700 ml vody. S vodou použitou na zálivku se dostalo do každé nádoby navíc 0,056 mg zinku. Ječmen začal vzházet za 4 dny. Nepatrné žloutnutí se začalo projevovat za 14 dnů a postupně se šířilo.

V tomto prvním nádobovém pokusu byly záměrně zvoleny poměrně vysoké dávky zinku přidaného do zeminy a sledováno, do jaké míry je bentonit schopen zinek poutat, aniž by se projevila jeho toxicita.

Druhý nádobový pokus byl založen 24. 8. 1965 a probíhal 24 dnů. Způsob zakládání byl stejný jako u pokusu prvního. Pokus byl proveden ve 24 vegetačních nádobách a do některých byly přidány ještě další mikroelementy ve formě roztoků solí (molybden amonný, tetraboritan sodný, síran měďnatý, síran manganatý). U tohoto pokusu nebyl použit bentonit syčený zinečnatými ionty. Všechny mikroelementy byly přidávány do vegetačních nádob v roztocích jako zálivka.

Pokus byl založen v těchto variantách:

1. Písek bez bentonitu, zálivkou dodáno 9,6 mg zinku
2. Písek a bentonit v dávce 100 q/ha
3. Písek bez bentonitu
4. Písek a bentonit v dávce 100 q/ha, zálivkou dodáno 9,6 mg zinku, 12,7 mg mědi, 9,8 mg manganu, 11,2 mg bóru, 10,8 mg molybdenu
5. Písek a bentonit v dávce 20 q/ha, mikroelementy přidány v dávce jako u varianty 4
6. Písek bez bentonitu, mikroelementy přidány stejně jako u variant 4 a 5.

U všech variant byla přidána hnojiva ve stejném množství jako v prvním pokusu. Provlhčení směsi v nádobách bylo provedeno 500 ml vody, se kterou se dostalo do každé nádoby 0,016 mg zinku. Ječmen v počtu 100 zrn začal vzházet za 3 dny po zasetí. Během vegetační doby napršelo 1950 ml vody na každou nádobu. Čtyři dny před sklizní se u variant bez bentonitu začalo projevovat žloutnutí.

VÝSLEDKY

První pokus

Při statistickém zhodnocení pokusu analýzou rozptylu byl získán vysoce průkazný výsledek. Vzájemným porovnáním výsledků jednotlivých variant bylo

zjištěno, že nejvyšší zvýšení výnosu zelené hmoty v přepočtu na sušinu bylo u varianty 3 proti kontrole 7. Získaný výnos byl vyšší o 11,25 % a prokázaný rozdíl mezi těmito variantami byl statisticky vysoce průkazný. Druhý nejvyšší výnos 110,31 % proti stejné kontrole byl u varianty 1; rovněž zde se projevil rozdíl statisticky vysoce průkazný. U varianty 4 bylo zvýšení o 4,06 %, zde se však rozdíl projevil statisticky neprůkazně. Srovnáním varianty 6 proti variantě 5 jako kontrole byl získán výnos 121,4 %; rozdíl byl statisticky vysoce průkazný.

III. Pokus 1

Varianty	Výnos		g popel	% popel
	g sušina	% ke kontrole		
1	3,53	110,31	0,56	16,00
2	3,00	93,66	0,44	14,34
3	3,56	111,25	0,47	13,25
4	3,33	104,06	0,61	18,32
5	1,75	54,69	0,24	13,71
6	2,13	66,41	0,24	11,32
7	3,20	100,00	0,37	11,56

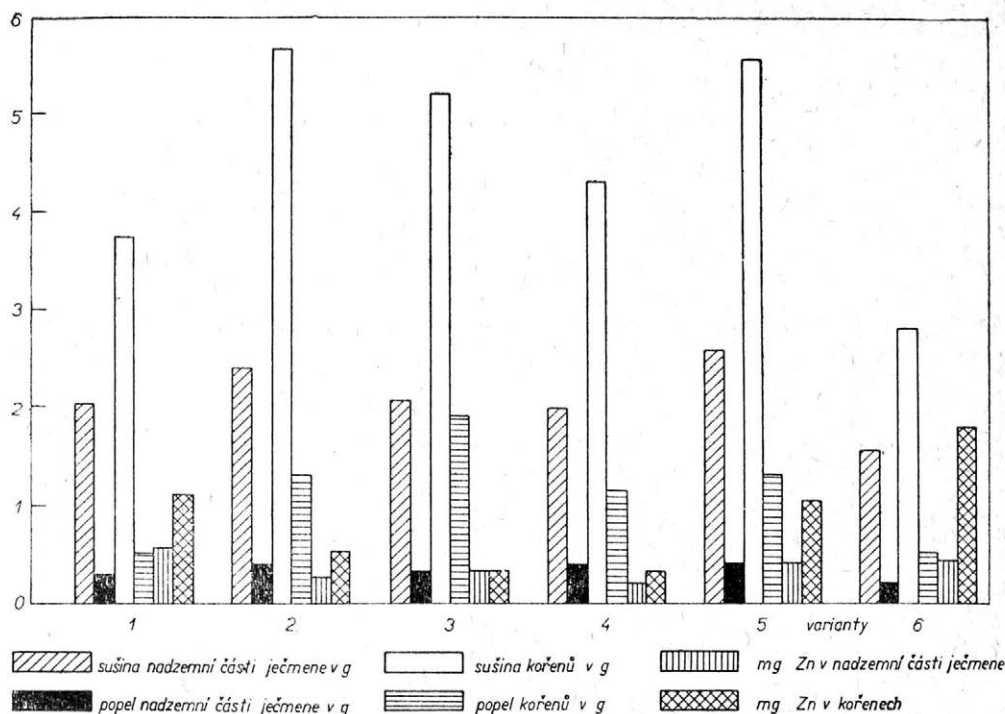
Druhý pokus

Ve druhém nádobovém pokusu byl sledován a statisticky hodnocen výnos v přepočtu na sušinu a obsah zinku v sušině. Při hodnocení výnosu proti kontrole 3 se projevilo zvýšení o 18,6 % se statisticky průkazným rozdílem u varianty 5. Zvýšení v ostatních variantách (viz tabulka IV) se projevilo jako neprůkazné. Srovnáním výnosu u varianty 4 proti kontrole 6 došlo ke zvýšení o 52,0 % a u varianty 5 byl výnos o 62,3 % vyšší. Rozdíly v obou variantách byly statisticky vysoce průkazné.

Obsah zinku, analyticky stanovený v sušině zelené hmoty a v sušině kořenů, ukazuje tabulka IV a obr. 1.

IV. Pokus 2

Varianty	Výnos		Nadzemní část ječmene		Kořeny	
	sušina g	% ke kontrole	% popele	% Zn	% popele	% Zn
1	2,05	95,35	12,56	0,0273	13,40	0,0295
2	2,42	112,56	12,73	0,0103	27,25	0,0088
3	2,15	100,00	13,95	0,0077	35,87	0,0055
4	2,40	111,63	19,80	0,0161	26,77	0,0069
5	2,55	118,60	15,53	0,0143	22,98	0,0176
6	1,57	73,02	11,29	0,0290	19,44	0,0669



1. Zjištěné množství sušiny, popela a zinku v jednotlivých variantách druhého pokusu

ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

První nádobový pokus byl proveden s mimořádně velkým přídavkem zinku, aby se zjistilo, do jaké míry je bentonit schopen vázat toxické množství zinku ve vegetační nádobě. V první části pokusu byl zinek přidáván zálivkou ve formě chloridu zinečnatého. Ve druhé části pokusu bylo sledováno, je-li předem nasycený bentonit zinečnatými ionty schopen regulovat uvolňování zinečnatých iontů v dávkách potřebných pro růst. Při zálivce bylo zvoleno takové množství zinku, které odpovídalo optimální sorpční kapacitě bentonitu na danou navážku. U tohoto pokusu byl sledován pouze výnos zelené hmoty v přepočtu na sušinu v závislosti na přidaném nebo sorbovaném množství zinku.

Ze získaných výsledků je patrné, že u variant s přirozeným neupraveným bentonitem bylo dosaženo nejvyššího výnosu a že u variant s nasyceným bentonitem byly zjištěny nižší výnosy než u bentonitu nenasyčeného. Z toho lze usuzovat, že v poměrně značném rozsahu dochází k uvolňování iontů následkem probíhající iontové výměny v půdě z nasyceného bentonitu zinečnatými ionty, takže se do rostliny dostává toxické množství. Nejnižší výnosy byly zjištěny u variant se zálivkou. U varianty s bentonitem byly zinečnaté ionty dodané zálivkou částečně vázány na bentonit, takže výnos byl o něco vyšší než tam, kam nebyl bentonit přidáván.

Přestože bentonit není schopen poutat nadměrné množství zinečnatých iontů, produkce sušiny nasvědčuje tomu, že sorpce zinečnatých iontů z bentonitu je pro rostlinu výhodnější než čerpání zinku z roztoku, kde mohou působit i průvodní anionty.

Druhý nádobový pokus byl založen s dávkami zinku, u kterých se předpokládal stimulační účinek. To znamená, že vzhledem k poznatkům získaným z prvního pokusu byly zvolené dávky přidávaného zinku podstatně nižší. Zinečnaté ionty byly přidávány jen ve formě zálivky v koncentracích uvedených u výpočtu variant. Mimo zinek byly zde ještě u některých variant přidány ionty manganu, bóru, molybdenu a mědi. Sycený bentonit nebyl v tomto pokusu použit, protože nebyly ještě známy laboratorní výsledky z uvolňování zinku z různě nasyceného bentonitu.

Ve druhém pokusu byla sledována sušina zelené hmoty, obsah popela zelené hmoty, sušina kořenů, obsah popela v kořenech, obsah zinku v zelené hmotě a v kořenech v přepočtu na sušinu. Z připojené tabulky IV je zřejmé, že u varianty 6 bez bentonitu za přítomnosti výše uvedených mikroelementů docházelo k největšímu hromadění zinku v zelené hmotě a v kořenech. Výnos zelené i kořenové hmoty byl u této varianty nejnižší, zatímco u varianty 5 byl výnos zelené hmoty i kořenové hmoty nejvyšší. V zelené hmotě bylo zjištěno 0,014 % a v kořenech 0,0176 % zinku. Tyto výsledky byly získány u variant s bentonitem v odpovídající dávce 20 q/ha a za přítomnosti dalších mikroelementů. Nebyl zjištěn podstatný rozdíl mezi variantami s bentonitem v dávkách odpovídajících 20 q/ha nebo 100 q/ha a s přidavkem všech mikroelementů nebo jenom zinku. Byl však prokázán podstatný rozdíl mezi variantami, kde byl bentonit použit a kde použit nebyl. U variant bez bentonitu bylo dosaženo nejnižších výnosů, ale obsah zinku jak v kořenech, tak i v sušině zelené hmoty byl až dvojnásobný proti variantě s bentonitem. V nepřítomnosti bentonitu docházelo k většímu příjmu zinku ječmenem, než je pro jeho růst žádoucí, a začal se uplatňovat vliv toxické dávky. Podle toho se dá předpokládat, že přítomnost bentonitu kladně ovlivňuje růst ječmene, že příjem zinku a mikroelementů je tím do značné míry řízen, pokud nejsou přítomny ve výslovně nadměrných dávkách, jak tomu bylo u pokusu prvního.

Došlo dne 1. 7. 1966

Literatura

1. DRAGOMIRECKÝ, A. - MAYER, V. - MICHAL, J. - ŘEŘIČKA, K.: Příručka anorganické kolorimetrické analysy. SNTL, Praha 1963. — 2. DUCHOŇ, F. - HAMPL, J.: Agrochemie. SZN 1962. — 3. KAŠPAR, J. - PŘISTOUPIL, J.: Nerostné suroviny. SNTL, Praha 1954. — 4. KŠÍR, O. - MICHAL, J.: Provozní metody chemických rozborů nerostných surovin, ÚVR Praha, sv. 7 1964. — 5. MEYER, B. - ANDERSON, D. - BÖHNING, R.: Introduction to Plant Physiology. D. Van Nostrand Co. INC 1960. — 6. MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. P. Parey in Berlin, 1958. — 7. PEJVE, V.: Mikroelementy a fermenty. Izdatelstvo akad. nauk, Litvská SSR, Riga 1960. — 8. SKOKAN, E. - NOVÁKOVÁ, J.: Příspěvek pro stanovení sorpční kapacity bentonitu a půd. Vědecké práce VÚM, Praha 1964. — 9. SKOKAN, E. - SKOKANOVÁ, P.: Sledování účinku mědi s bentonitem na růst ječmene. Vědecké práce VÚM, 1966 (v tisku). — 10. VLASJUK, P. A. - DARMENKO, M. S.: Sborník - bentonitové gliny Ukrajiny 1959. — 11. ZPRÁVA ZE III. SVĚTOVÉHO KONGRESU pro otázky hnojení Heidelberg 9.-27. 9. 1957. Ministerstvo chemického průmyslu.

Исследование влияния цинка и других микроэлементов с бентонитом на рост ячменя при помощи опыта с вегетационными сосудами

В работе было изучено влияние цинка и других микроэлементов (Cu, Mn, Mo, B) вместе с бентонитом на рост ячменя при помощи опыта с вегетационными сосудами. Количество используемого бентонита отвечало 20 ц/га и 100 ц/га. Были применены естественный бентонит и бентонит, насыщенный ионами цинка. Почва приготавливалась искусственным путем и микроэлементы вводились в виде водных растворов. Каждый вегетационный гормон

содержал 8 кг песка, 1 ц торфа и определенные постоянные количества основных действующих веществ.

Опыт доказал положительное влияние цинка и других микроэлементов, гомогенно распределенных в смеси песка с бентонитом, на рост ячменя. В оптимальных условиях (20 ц бентонита (га) с добавлением 9,6 мг Zn 9,8 мг Mn, 12,7 мг Cu, 11,2 мг B, 10,8 мг Mo был достигнут наибольший урожай 21,8 %. Было установлено, что в результате добавления избытка ионов цинка в почву, бентонит не способен связать это избыточное количество цинка, так что, почва становилась токсичной. При использовании бентонита, насыщенного ионами цинка, наблюдалось их вымывание водой из почвы в таком количестве, которое вызывает токсический эффект.

Бентонит является носителем многих микроэлементов, которые элюируются водой из бентонита в почву, как было экспериментально доказано у цинка. Однако это количество по-видимому недостаточно, как об этом свидетельствует результат опыта, так как вследствие добавления некоторых микроэлементов в виде растворов в почву выход продукции еще увеличился.

Текст к таблицам

- I. Спектральный анализ (содержание микроэлементов в %)
- II. Общий химический анализ
- III. Опыт № 1
- IV. Опыт № 2

Текст к графику

1. Установленное количество сухого вещества, золы и цинка в отдельных вариантах второго опыта

Investigation of the Influence of Zinc and Other Microelements with Bentonite on the Growth of Barley in Pot Experiments

The influence of zinc and other microelements (Cu, B, Mn, Mo) on the growth of barley was investigated in pot experiments in the presence of bentonite. The amount of bentonite used corresponded to 2 000 and 10 000 kg/hectare. The bentonite from a deposit of Vysoké Třebošice was employed in untreated condition and saturated with zinc ions. The soil was prepared artificially, and the microelements were introduced in the form of solutions. Each vegetation pot contained 8 kg of sand, 1 g of peat and a constant amount of basic nutrients.

This experiment demonstrated the favourable influence of zinc and other microelements on the growth of barley when these elements were added to a sandy soil containing homogeneously distributed bentonite. An addition of 5 g of bentonite into the pot (corresponding to 2 000 kg of bentonite per hectare) together with 9.6 mg of Zn, 9.8 mg of Mn, 12.7 mg of Cu, 11.2 mg of B and 10.8 mg of Mo led to a maximum yield of 118.6 %.

On adding an excess of zinc to the soil it was found that bentonite cannot bind this excess so as to prevent toxicity. When bentonite saturated with zinc ions was used, they were liberated in the soil medium in a toxic amount.

Bentonite is the carrier of a number of trace elements passing into the soil already by the action of water, as found in the laboratory for zinc. The released amount is obviously not sufficient, as shown experimentally, since the yield can be further increased by adding some elements in solutions to the soil.

Text to the tables

- I. Spectral analysis (content of elements in %)
- II. Total chemical analysis
- III. Experiment 1
- IV. Experiment 2

Text to the graph

1. Determined amounts of dry substance, ash and zinc in the individual variants of Experiment 2

Die Verfolgung des Einflusses von Zink und von einigen Mikroelementen mit Bentonit auf das Wachstum der Gerste bei einem Gefäßversuch

Man untersuchte den Einfluß von Zink und von weiteren Mikroelemente (Cu, B, Mn, Mo) gemeinsam mit Bentonit auf das Wachstum der Gerste in einem Gefäßversuch. Die angewandten Bentonit-Dosen entsprachen 20 dt/ha und 100 dt/ha. Das Bentonit von Lagerstätte Vysoké Třebošice wurde in natürlichem Zustande, unaufbereitet, und mit Zink-Ionen getränkt angewendet. Die Einbringung von Mikroelementen in den Boden geschah in Lösungen. Der Boden wurde künstlich zubereitet. In jedem Vegetationsgefäß befand sich 8 kg Sand, 1 g Torf und konstant beigegebene Grundnährstoffe.

Der Versuch bewies eine positive Wirkung des Zinks und weiterer Mikroelemente, die in den Sandboden beigegeben wurden, in dem das Bentonit homogen verteilt war. Bei einer Bentonit-Dosis von 5 g je Gefäß (20 dt/ha) mit einer Beigabe von 9,6 mg Zn, 9,8 mg Mn, 12,7 mg Cu, 11,2 mg B, 10,8 mg Mo wurde der höchste Ertrag in einer Höhe von 118,6 % festgestellt. Bei einer übermäßigen Beigabe von Zink-Ionen in den Boden stellte man fest, daß das Bentonit diesen Überschuß nicht binden vermag; demzufolge traten Toxizitätserscheinungen auf. Bei der Anwendung von dem mit Zink-Ionen getränkten Bentonit wurden diese im Bodenmilieu in einer solchen Menge frei, daß sie toxisch wirkten.

Das Bentonit ist ein Träger einer Reihe der Mikroelemente, die im Boden bereits durch die Einwirkung von Wasser frei werden; dies wurde labormäßig bei Zink ermittelt. Die freigewordene Menge ist offensichtlich nicht ausreichend, wie durch den Versuch bestätigt werden konnte, da sich der Ertrag durch die Beigabe von einigen Elementen in Form von Lösungen noch erhöht hatte.

Text zu den Tafeln

- I. Spektralanalyse (Der Gehalt an Elementen ist systemgemäß in Prozent ausgedrückt)
- II. Chemische Gesamtanalyse
- III. Versuch Nr. 1
- IV. Versuch Nr. 2

Text zur graphischen Darstellung

1. Ermittelte Menge der Trockensubstanz, Asche und Zink in den einzelnen Varianten des zweiten Versuches

Adresa autorů:

Evžen Skokan, prom. chemik, **Pavla Skokanová**, Výzkumný ústav meliorací, oddělení sorbentů, Praha 6 - Dejvice, Technická 3

■ Jedním z kritérií biologické aktivity půdy je schopnost mikroflóry mineralizovat glukózu. Tento test potenciální mikrobiální aktivity byl použit již dříve (Stoklasa 1922, Hesselink van Suchtelen 1910, Káš 1939) z hlediska vlivu hnojení, rostlinného pokryvu i půdních typů. Rozklad glukózy v půdě je předmětem studia dalších prací, zabývajících se procesy humifikace (Novák a sp. 1963, Simonart, Mayaudon 1958), rozkladem nativní půdní organické hmoty (Macura, Szolnoki, Vančura 1963) i analýzou respiračních křivek půdy s glukózou (Macura, Kunc 1961, Drob-ník 1958, 1961).

Vlivem dusíku na mineralizaci glukózy v půdě se v modelových podmínkách zabývali Stotzky, Norman 1961, Macura, Kunc 1963.

V této práci jsme se snažili o postižení některých faktorů, ovlivňujících mineralizaci glukózy v půdě v podmínkách blízkých přirozeným a v závislosti na vegetaci a druhu organominerálního hnojení.

MATERIÁL A METODIKA

Půdní vzorky byly odebrány z parcel dlouhodobého pokusu, sledujícího vliv organominerálního hnojení na mikrobiální a biochemické pochody v půdě (Škarda 1963). Jednotlivé parcely byly po 9 let hnojeny takto:

1 . . . nehnojeno	2 . . . NPK	3 . . . hnůj
4 . . . hnůj + NPK	5 . . . kompost	6 . . . kompost + NPK

Minerálními hnojivy NPK bylo hnojeno v dávce odpovídající 220 kg čistých živin/ha, organickými hnojivy v dávce ekvivalentní 800 q/ha čerstvé chlévské mrvy za 9honný osevní postup, které byly rozděleny po 300 q/ha k cukrovce (ve 4. a 8. sledu) a 200 q/ha k bramborám (v 6. sledu).

V sledovaném roce byl zaset ječmen s podsevem vojtěšky po cukrovce. Čerstvě odebrané vzorky půdy z profilu 0–25 cm byly prosáté 2mm sítem nebo rozstrouhány na 2mm struhadle. K interferometrickému stanovení CO_2 v respiračním plynu jsme navažovali 50 g zeminy do polyetylenových nádob o obsahu 1200 ml (Apfelthaler, Lobl). Zemina byla obohacena 232,5 mg uhlíku ve formě roztoku glukózy s 20 mg dusíku ve formě roztoku síranu amonného (varianta NG). Produkce CO_2 byla stanovována denně po dobu sedmi dnů a z celkového množství uvolněného CO_2 byl vypočítán tzv. kvocient působení dusíku na bázi glukózy NG:G. Obsah amoniakálního dusíku byl stanoven titračně Conwayovou difuzní metodou, obsah nitrátového dusíku kolorimetricky s fenoldisulfonovou kyselinou.

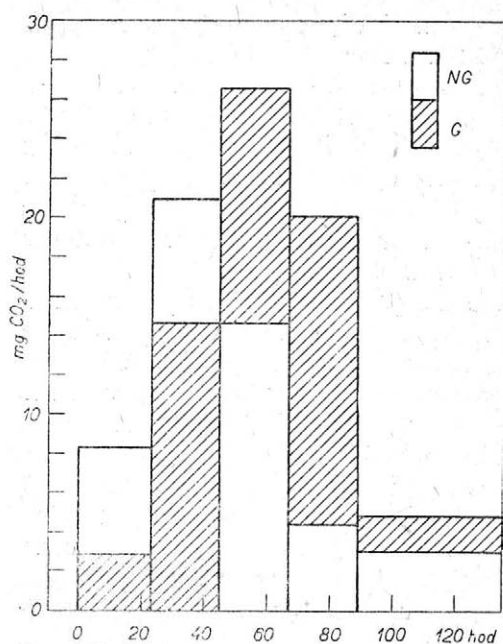
VÝSLEDKY A DISKUSE

Nejvyšších hodnot tvorby CO_2 při respiraci s glukózou se síranem amonným bylo dosaženo před začátkem vlastní vegetace — na začátku dubna (tabulka I). Pouze u parcely hnojené kompostem byla hodnota respirace NG nejvyšší na konci vegetačního období. Schopnost mikroflóry mineralizovat glukózu klesala s postupem vegetace až na 7 % hodnoty dosažené na jaře. Rozklad glukózy za přítomnosti amoniakálního dusíku se též snižoval, ale v podstatně menší míře. U varianty nehnojené, hnojené kompostem a kompostem + NPK se tato minima, dosažená v době odnožování ječmene (11. května), pohybovala okolo 64 % maximálních hodnot, u varianty hnojené pouze NPK a hnojem + NPK klesla respirace v době mléčné zralosti (21. července) na 55 % resp. 66 % a u varianty hnojené hnojem na 70 % koncem června.

Tyto hodnoty by mohly být indikátorem významných změn v metabolismu uhlikatých látek. Je zajímavé, že u variant hnojení, kde předpokládáme nejvyšší stabilitu půdní organické hmoty, tj. u absolutně nehnojené varianty, varianty hnojené kompostem a kompostem + NPK, nacházíme minimální hodnoty respirace NG v průběhu vegetace nejdříve. Poněvadž v respiračním testu je dusík přidáván ke glukóze ve vhodném poměru, není pravděpodobné, že snížení mineralizace glukózy by mohlo být vyvoláno absolutním nedostatkem dusíku. Rovněž vlhkosti jednotlivých vzorků téhož data odběru jsou téměř stejné, takže změnami vlhkosti lze částečně vysvětlit dynamiku respirace v čase, ale nelze jimi vysvětlit rozdíly

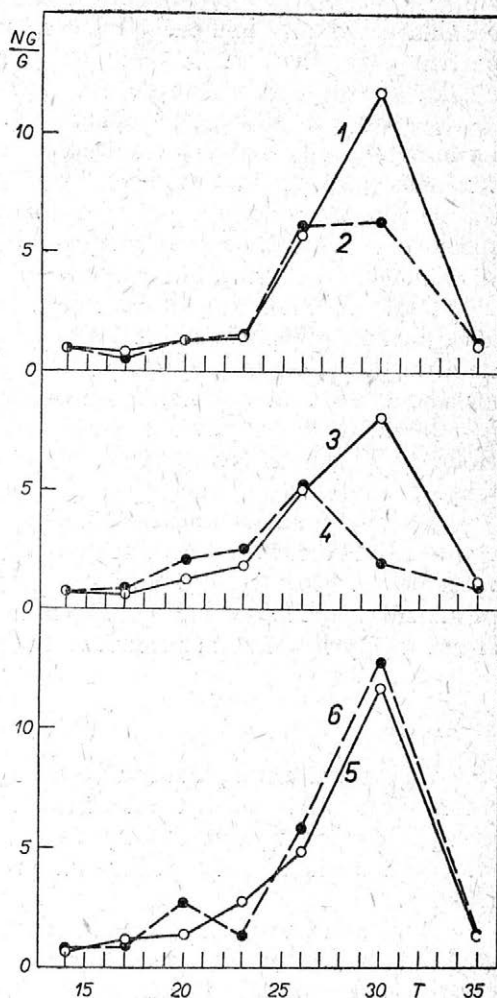
I. Produkce CO_2 za 7 dní inkubace (mg CO_2 / 100 g)

Datum odběru	1. 4.	20. 4.	11. 5.	2. 6.	23. 6.	21. 7.	25. 8.
Hnojení	Glukóza						
O	1604	1380	867	900	181	106	1135
NPK	1504	1777	937	694	207	136	824
Hnůj	1522	1900	869	686	184	160	1130
Hnůj + NPK	1689	1412	740	514	195	519	1325
Kompost	1588	1032	733	485	225	121	1246
Kompost + + NPK	1650	1313	438	925	205	107	1189
Glukóza + síran amonný							
O	1608	1124	1024	1181	1057	1270	1326
NPK	1560	1359	1130	1221	1299	855	1238
Hnůj	1351	1308	1109	1227	955	1313	1355
Hnůj + NPK	1491	1312	1564	1289	1031	980	1267
Kompost	1180	1214	1024	1268	1107	1426	1499
Kompost + + NPK	1374	1304	1028	1218	1214	1369	1562
Průměrná vlhkost v půdních vzorcích							
%	19,67	17,89	17,53	13,62	9,76	7,31	15,34



1. Průměrné respirační rychlosti varianty hnojené kompostem při odběru 1. 4. Přídavek glukózy (G) glukózy + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (NG)

2. Změny kvocientu působení dusíku NG : G během vegetace ječmene. Osa x: kalendářní týdny — 1: nehnojeno 2: NPK 3: hnůj 4: hnůj + NPK 5: kompost 6: kompost + NPK



v respiraci vzorků jednotlivých pokusných variant. Jak je patrné z obr. 1, je při optimální teplotě a vlhkosti (1. 4.) mineralizace glukózy v prvních hodinách inkubace větší v případě přidání minerálního dusíku než bez jeho přídavku. K omezení respirační rychlosti dochází mnohem dříve, než je uhlík, přidaný glukózou, mineralizován do obvyklého stupně (druhá třetina inkubační doby). Lze tedy toto zmenšení mineralizace vysvětlit nikoli absolutním nedostatkem C, ale jeho stabilizací. Potenciální schopnost mikroflóry aktivizovat organické látky v půdě tedy zřejmě do určité míry závisí na kvalitě organického hnojení i stupni minerálního hnojení.

Dalším důvodem pro změny mineralizace glukózy mohou být též změny fyzikálních podmínek během vegetačního období. Jak je patrné ze změn obsahu vláhy půdních vzorků (tabulka 1) a dynamiky hodnot poměru NG : G na obr. 2, bylo období s nejnižším obsahem půdní vláhy u čtyř variant hnojení charakterizováno mimořádně vysokými hodnotami NG : G. Silně byla omezena mineralizace glukózy samotné, což při téměř fyziologicky suchém prostředí nepřekvapuje. Bylo mineralizováno pouze 8 % teoretického množství uhlíku pro úplnou mineralizaci přidané glukózy. Naproti tomu přídavek síranu amonného zajistil podstatně vyšší využívání glukózy za týchž nepříznivých podmínek. Produkce CO_2

dosáhla u varianty hnojené NPK a hnojem + NPK 49, resp. 57 %, u ostatních variant v průměru 79 % teoretického množství. Poněvadž hladina minerálního dusíku v půdě byla v této době v normálních mezích (7–12 mg N–NH₄⁺ + N–NO₃⁻ ve 100 g), je možné vysvětlit příznivý vliv amoniakálního dusíku na mineralizaci glukózy v respiračním testu omezenou difuzí NH₄⁺ iontu, pevně vázaného v sorpčním komplexu, na místa oxidace substrátu. Prvotní příčinou je značné snížení množství půdního roztoku. Je-li amoniakální dusík s glukózou společně v roztoku, je jeho přístup k mikrobiální membráně nerušen a glukóza je oxidována na tomto místě v obvyklém rozsahu.

Podle velikosti hodnot kvocientu NG : G lze posoudit míru sorpce minerálního dusíku, schopnost mikroflóry jej uvolňovat a tím též nepřímo usuzovat na stabilitu půdní organické hmoty. Nejvyšších hodnot těchto kvocientů bylo v době nízkého obsahu půdní vláhly dosaženo u jednotlivých variant hnojení v tomto pořadí (obr. 2): kompost + NPK (12,8), nehnojeno (12,—), kompost (11,8). Hodnoty kvocientů NG : G jsou si blízké a nacházíme je opět u variant hnojení s vyšší stabilitou organické hmoty, jak jsme se již zmínili dříve.

Jakmile půdní vlhkost dosáhla opět normálních hodnot (okolo 15 %), obnovila se mineralizační činnost mikroflóry, přičemž kvocient NG : G byl jen o málo vyšší než 1. Šlo zřejmě o vliv kořenových zbytků ječmene (odběr byl proveden po sklizni), jejichž rozklad byl vlivem dusíku získaným podsevem vojtěšky rychlejší než u jiných obilovin; přídavek glukózy však tuto rovnováhu poněkud porušil.

SOUHRN

Respirační test s glukózou (G) a s glukózou se síranem amonným (NG) lépe informuje o přístupnosti dusíku než čistě chemické analýzy. Na začátku vegetace jsou jednoduché organické látky z určité části převáděny na stabilnější a přidáný minerální dusík k těmto pochodům přispívá za současného snížení mineralizace glukózy.

Nepříznivé fyzikální podmínky, zvláště nedostatek vláhly, znesnadňují získávání dusíku pro mineralizaci. Neovlivňují však téměř využívání glukózy, je-li minerální dusík přidán současně s glukózou. Nejvyšší sorpce amonného dusíku v půdě byla podle hodnot kvocientu NG : G nalezena u variant se stabilizovanou organickou hmotou, tj. u varianty nehnojené, hnojené kompostem a kompostem + NPK.

Došlo dne 5. 7. 1966

Literatura

1. APFELTHALER, R. - LÖBL, F.: Polyethylenová nádobka pro interferometrické stanovení respiračních křivek půdy, organických hnojiv a odpadů. = „Zbl. Bakt.“ v tisku. — 2. DROBNÍK, P.: Primary oxydation of organic matter in the soil. I. The form of respiration curves with glucose as the substrate. = „Plant and Soil“, 12, 1960, s. 199–211. — 3. DROBNÍK, J.: A respirometric study of glucose metabolism in soil samples. = „Folia biologica“, 4, 1958, s. 137–146. — 4. HESSELINK VAN SUCHTELEN, F. H.: Über die Messung der Lebenstätigkeit der aerobiotischen Bakterien im Boden durch die Kohlensäureproduktion. = „Zbl. Bakt.“ II, 28, 1910, s. 45–89. — 5. KÁŠ, V.: Mikrobiologická charakteristika klimatogenetických půdních typů. = „Sborník ČAZ“, XIV, 1939, č. 2, s. 86–100. — 6. MACURA, J. - KUNC, F.: Continuous flow method in soil microbiology. II. Observations on glucose metabolism. = „Folia microbiol.“, 1961, č. 6, s. 398–407. — 7. MACURA, J. - KUNC, F.: Biologická immobilizace minerálních živin v půdě. = „Rostlinná výroba“, 1963, č. 8, s. 785–788. — 8. MACURA, J. - SZOLNOKI, J. - VANCURA, V.: Rozklad glukózy v půdě. = „Rostlinná výroba“, 9, 1963, č. 7–8, s. 788–789. — 9. NOVÁK, B. - KOZOVÁ, J. LÖBL, F. - APFELTHALER, R.: Vliv organominerálních látek v různém stupni humifikace

na mikrobiologické a biochemické pochody v půdě. D. Respirace. = „Rostlinná výroba“, 9, 1963, č. 8, s. 777-779. — 10. SIMONART, P. - MAYAUDON, J.: Etude de la décomposition de la matière organique dans le sol, au moyen de carbon radioactif. II. Décomposition du glucose radioactif dans le sol. = „Plant and Soil“, 9, 1958, s. 381-384. — 11. STOKLASA, J.: Biochemische Methoden zur Bestimmung der Fruchtbarkeit des Bodens. = „Chemiker-Ztg.“ 46, 1922, s. 681-683. — 12. STOTZKY, G. - NORMAN, A. G.: Factors limiting microbial activities in soil. I. The level of substrate, nitrogen, and phosphorus. = „Arch. Mikrobiol.“ 40, 1961, s. 341-369. — 13. ŠKARDA, M.: Vliv statkových hnojiv na výnos plodin v osevním postupu. = „Rostlinná výroba“, XXXVI, 1963, č. 3/4, s. 253-270.

Влияние аммониевого азота на разложение глюкозы в почве при разном удобрении

Респирационный тест с глюкозой (G) и глюкозой с сульфатом аммония (NG) лучше информирует о доступности азота, чем одни только химические анализы. В начале вегетации простые органические вещества из определенной части переводятся на более стабильные, а добавленный минеральный азот помогает этим процессам при одновременном снижении минерализации глюкозы.

Неблагоприятные физические условия, в особенности недостаток влаги, затрудняют получение азота для минерализации. Однако они почти не влияют на использование глюкозы, когда минеральный азот добавляется одновременно с глюкозой. Самая высокая сорбция аммониевого азота в почве согласно коэффициенту NG : G была установлена у варианта с постоянной органической массой, т. е. у варианта неудобренного, удобренного компостом и компостом + NPK.

Текст к таблице

1. Продукция CO₂ за 7 дней инкубации (мг CO₂/100 г)

Текст к графикам

1. Средние респирационные скорости варианта, удобренного компостом при взятии 1. 4. Добавление глюкозы (G), глюкозы + (NH₄)₂SO₄ (NG)
2. Изменения коэффициента действия азота NG : G в период вегетации ячменя. Ось x: календарные недели. 1 = неудобрено, 2 = NPK, 3 = навоз, 4 = навоз + NPK, 5 = компост, 6 = компост + NPK

Influence of Ammonium Nitrogen on Glucose Decomposition in Various Fertilized Soil

A respiration test with glucose (G) and glucose with ammonium sulphate (NG) presents a better information about the availability of nitrogen than purely chemical analyses. At the beginning of the vegetation, the simple organic substances from a certain part are converted into more stable compounds, and the added mineral nitrogen contributes to these processes with simultaneous decrease in the mineralization of glucose.

Unfavourable physical conditions, in particular moisture shortage, hinder from the availability of nitrogen for the mineralization. However, they exert nearly no influence upon the utilization of glucose if the mineral nitrogen is added together with the glucose. The highest sorption of ammonium nitrogen in the soil was found according to the quotient NG : G in variants with stabilized organic material, i. e. in the variants not fertilized, fertilized with compost, and with compost + NPK.

Text to the tables

1. Production of CO₂ in 7 days of incubation (mg CO₂/100 g)

Text to the graphs

1. Average respiration rate of the variant fertilized with compost (sample taken on 1st of April). Addition of glucose (G), of glucose + (NH₄)₂SO₄ (NG)
2. Change in the quotient of nitrogen action, NG : G, during the vegetation of barley x-Axis: Calendar weeks. 1 = unfertilized, 2 = NPK, 3 = manure, 4 = manure + NPK, 5 = compost, 6 = compost + NPK

Einfluß des Ammoniumstickstoffes auf die Zersetzung von Glukose im Boden bei verschiedener Düngung

Der Respirationstest mit Glukose (G) und Glukose mit Ammoniumsulfat (NG) informiert besser über die Aufnahmefähigkeit des Stickstoffes als es bei rein chemischen Analysen der Fall ist. Bei Vegetationsbeginn werden einfache organische Stoffe in bestimmtem Teil auf stabilere überführt und der beigefügte Mineralstickstoff trägt zu diesen Vorgängen bei einer gleichzeitigen Herabsetzung der Glukosen-Mineralisierung bei.

Ungünstige physikalische Bedingungen, vor allem der Mangel an Wasser, erschweren die Gewinnung von Stickstoff für die Mineralisierung. Sie beeinflussen jedoch fast überhaupt nicht die Ausnützung der Glukose, falls der Mineralstickstoff gleichzeitig mit Glukose beigeführt wird. Die höchste Sorption von Ammoniumstickstoff im Boden fand man nach den Werten des Quotienten NG : G bei Varianten mit stabilisierter organischer Masse, d. h. bei der ungedüngten Variante, bei der Variante, die mit Kompost und Kompost + NPK gedüngt wurde.

Text zu der Tafel

I. Produktion des CO₂ in 7 Tagen der Inkubation (mg CO₂/100 g)

Text zu den graphischen Darstellungen

1. Durchschnittliche Respirationsschnelligkeiten der mit Kompost gedüngten Variante bei der Entnahme am 1. 4. Beigabe der Glukose (G), Glukose + (NH₄)₂SO₄ (NG)
2. Veränderungen des Quotienten der Stickstoffwirkung NG : G im Laufe der Vegetation der Gerste

Abszisse: Kalenderwochen. 1 = ungedüngt, 2 = NPK, 3 = Stallmist, 4 = Stallmist + NPK, 5 = Kompost, 6 = Kompost + NPK

Adresa autorů:

Ing. Roman Apfelthaler, dr. ing. Bohumír Novák, DrSc., Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU GENETICKÝCH TRANSFORMACÍ U RODU RHIZOBIUM

Proměnlivost kmenů hlízkových bakterií byla předmětem četných studií našich i zahraničních pracovníků. Určité osvětlení do této problematiky bylo vneseno použitím transformačních metod. Pro studium takových biologických vlastností jako jsou symbióza hlízkových bakterií s vyššími rostlinami, poutání vzdušného dusíku a vzájemné vztahy mezi bakteriálními druhy je uplatnění transformace značné. Rhizobia jsou však vhodný materiál i pro genetická studia obecnějšího charakteru, neboť vlastnosti mnoha kmenů tohoto rodu byly již hlouběji prostudovány z širšího hlediska a kultivace na syntetických půdách přesně definovaného složení je relativně jednoduchá. Nevýhodou je jejich značná morfologická mnohotvárnost.

Bakteriální transformace podle Gunzaluse a Staniera (1964) je definována jako včlenění malé části exogenního genetického materiálu získaného extrakcí z donorových buněk do genomu recipientních buněk. V současné době je známa řada bakteriálních druhů, které jsou schopné transformace. Mezi prvními byla *R. Balassa* studována i rhizobia. Mechanismus transformace, který byl podrobněji studován u pneumokoků a u *r. Haemophilus*, probíhá v následujících stupních:

1. vznik kompetentních bakterií
2. adsorbce desoxyribonukleové kyseliny (DNK) na povrch bakterií
3. proniknutí DNK do buňky
4. genetické začlenění transformujícího znaku
5. vyjádření nového fenotypu

KOMPETENCE

Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících průběh transformace je fyziologický stav recipientních buněk — kompetence. Podle Balassy (1963) je kompetence definována jako propustnost DNK stěnou

buněčnou. Závisí na množství různých faktorů (například vlivu prostředí), které nejsou dosud zcela známy a jsou předmětem intenzivního studia u různých bakterií. U streptokoků byla kompetence (Perry, Slade 1963) zjištěna na konci logaritmické fáze, u *H. influenzae* na počátku stacionárního růstu (Alexander, Leidy, Hahn 1954), u *B. subtilis* uprostřed (Young a Spizizen 1961). Balassa (1957a, b, a Gábořová 1961) získala transformované buňky *Rhizobium japonicum* přidáním DNK ke kultuře po 1,5 hodině růstu, u *Rhizobium lupini* po 2–4 hodinách a u *Rhizobium meliloti* po 5,5–6 hodinách růstu. Ve svých pokusech zjistily, že rhizobia se stávají kompetentními na počátku logaritmické fáze, nejčastěji během prvních dvou buněčných dělení. Ellis, Kalz a Doncaster (1962) v prvních pokusech našli kompetenci po 2–4–6 hodinách růstu a v pozdějších svých pokusech po 5–7 hodinách, podle použitého kmene. Balassa a Gábořová (1961) pro přesnější stanovení doby kompetence použily synchronizovaných kultur a sledovaly kompetenci ve 12., 16. a 20. hodině růstu. Po 12 hodinách byl prudký pokles transformovaných buněk a po 16 hodinách již transformace nenastávala. Podle dalšího pokusu, ve kterém byla kompetence sledována v prvních 8 hodinách růstu, vznikala nejvyšší počet transformovaných buněk po 2hodinové kultivaci (tabulka I). Pokusy Zelazné (1964, II.) u *Rhizobium trifolii* bylo zjištěno, že transformace nastává po různé době kultivace závislé na počtu buněk studovaného vzorku. U mukoidních kmenů se objevuje kompetence mezi 3–3,5 hodinou. Kompetence u rhizobií podobně jako u pneumokoků (Kohoutová a spol. 1963) a u streptokoků (Pakula a spol. 1962) závisí na hustotě kultury. U téže kultury zředěné 1:10 a 1:50 jsou vrcholy kompetence v různé

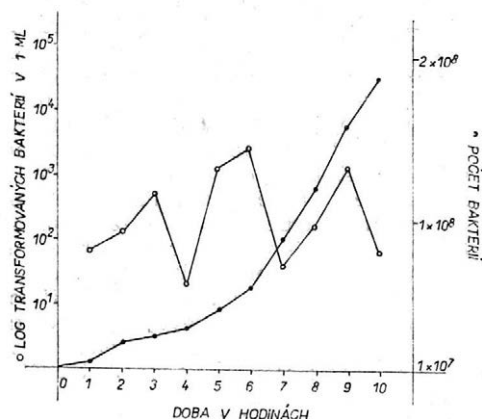
I. Závislost počtu transformovaných bakterií na době přidání DNK.
(Doba inkubace 8 hodin, výchozí počet buněk $2,4 \times 10^5/\text{ml}$, konečný počet $3,2 \times 10^6/\text{ml}$)

Růst kultury v době přidání DNK v hodinách	Počet transformovaných bakterií v 0,1 ml
0	103
1	750
2	1600
4	125
6	—
8	—

Podle Balassa, Gáborová 1961

době, ale vždy při dosažení stejného počtu buněk, který byl v jejich pokusech $4 \times 10^7/\text{ml}$. Maximální kompetence vyžaduje určitou buněčnou hustotu. Ellis a spol. (1962) našli podobnou požadovanou hustotu jako Želazna. Kompetence některých kmenů v těchto pokusech měla periodický průběh (graf 1). Cyklus vyskytující se u všech testovaných kmenů byl přibližně tříhodinový. V popsaných podmínkách byla generační doba užitých kmenů 2–3 hodiny. Transformace kapsulárního kmene *Rhizobium lupini* a *Rhizobium meliloti* byla studována Balassou (1954, 1955, 1957a, b, 1960) s použitím těchto znaků: antigenní struktura, rezistence k antibiotikům, infektivita a neschopnost syntézy cysteinu.

GRAF 1.



Graf 1.

Frekvence transformace byly nízké. Lepší výsledky získaly Balassa a Gáborová (1961), když použili DNK z drsné mutanty *Rhizobium lupini*. Koncentrace DNK byla vyšší při menším podílu kapsulárních polysacharidů. Rozdíly v kompetenci podle obsahu produkovaného slizu ukazovaly i recipientní kmeny. Želazna (1963) rovněž našla korelaci mezi produkcí slizu a kompetencí recipientních buněk. Opouzdřené buňky lze ne snadněji transformovat než buňky s menším podílem slizu. U kapsulárního kmene pozorovala periodickou kompetenci po 3, 6 a 9 hodinách.

FREKVENCE

Frekvence transformace v pokusech Balassy a Gáborové (1961) u druhu *Rhizobium lupini* se lišila podle použitých kmenů. Působením DNK izolované z kmenů rezistentních ke streptomycinu transformovaly tuto vlastnost uvnitř téhož druhu a mezidruhově s frekvencí 30×10^7 a 2×10^7 ; při vnitrodruhově homologní transformaci, kde byla použita DNK ze streptomycin rezistentních mutant téhož kmene, byla frekvence vyšší 2800×10^5 . V pokusech Zemické a Lorkiewicz (1962) transformovala DNK izolovaná z kmenů rezistentních na streptomycin rezistenci vůči tomuto antibiotiku s průměrnou frekvencí 10^5 . Nízká frekvence byla pozorována mezi různými druhy, vyšší frekvence při transformacích kmenově specifické DNK a u *Rhizobium trifolii* u druhově specifické DNK (Želazna 1963). U homologního kmene byla frekvence transformace řádově 10^6 , u druhů *Rhizobium meliloti* a *Rhizobium trifolii* transformovaných DNK izolovanou z *Rhizobium leguminosarum* bylo $F 10^7$. Drsné mutanty – R formy – *Rhizobium lupini* dávaly jak donory lepší výsledky než stejné kmeny. S formy (Balassa, Gáborová 1961). Nejvyšší frekvence transformací byla pozorována, jestliže kultury byly větrány, a to před a během působení DNK (Želazna 1964, a). K podobným výsledkům došli i Young a Spizizen (1963) u *B. subtilis*. Rovněž předběžné ochlazení kultury u *Rhizobium trifolii* zvyšovalo frekvenci transformace. To je v soulase s pracemi Hotchkisse a Marmura (1954) a Perry a Sladea (1963), v jejichž pokusech při synchronizaci přechlazením byla transformace stimulována. Podle dalších zjištění byl synchronizační efekt slabý, ale vliv zchlazení zřetelný.

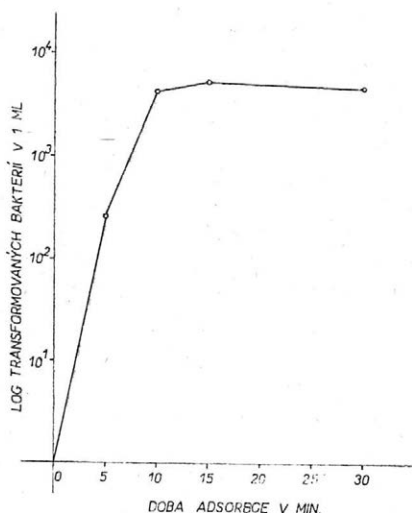
Podle výsledků práce Balassy (G.

Balassa 1961) jsou pro frekvenci transformace rozhodující tři faktory: 1 — schopnost recipientního kmene být transformován, 2 — povaha mutace, která je transformována, 3 — stupeň příbuznosti mezi donorovými a recipientním kmenem. Netransformující DNK, bez genetického znaku, se může rovněž adsorbovat na buňku a může snižovat její frekvenci nebo zcela bránit transformaci.

ADSORBBCE

Při sledování času potřebného pro transformaci přidávali Balassa a Gáborová (1961) DNK k synchronizované kultuře a přerušovaly její působení po 0, 10, 30 a 60 minutách desoxyribonukleázou. Optimální doba adsorpce byla 30 minut. Želazna ve svých pokusech zjistila, že čas potřebný pro adsorpci a penetraci je 10–15 minut (graf č. 2), tedy doba značně kratší, než doba zjištěná Balassou.

GRAF 2.



Graf 2.

AKTIVITA DNK

Koncentrace a aktivita DNK je závislá na způsobu její izolace a uchování. V hledání techniky izolace DNK u rhizobií dával ultrazvuk první nadějně výsledky (G. Balassa 1961). Transformující substance byla získávána desintegrací donorových bakterií ultrazvukem a látka takto získaná byla přidávána k recipientnímu kmeni. Jiná

metoda byla popsána Hotchkissem (1951). K donorovému kmeni, který byl citlivý na penicilin, byl přidán penicilin a po rozpuštění buněk byl vzniklý bakteriální lyzát přidán k recipientnímu kmeni, který byl rezistentní k penicilinu. Výsledky této metody se podobaly výsledkům získaným s ultrazvukem. Později Balassa používala k lyzi bakterií desoxycholát sodný. DNK byla částečně inaktivována pravděpodobně vysokou teplotou potřebnou pro lyzi. Gershon, Zahler, Alexander (1963) srovnávali dvě metody izolace DNK: sonickou oscilací při 9000–10 000 kc a lyzi laurylsulfátem sodným. Ultrasonická oscilace poškozovala biologickou aktivitu DNK, příprava s laurylsulfátem sodným podle Marmura (1961) byla velmi efektivní. Při indukci homologní DNK získanou z rezistentních mutant zjistily Balassa a Gáborová (1961), že je předáván též stupeň rezistence jako je u donora, při působení DNK jiného kmene dochází ke snížení úrovně předávané rezistence.

KONCENTRACE DNK

Jedním z faktorů, na nichž závisí výsledky transformace, je koncentrace použité DNK. Potřebná saturující koncentrace je různá podle druhů, popřípadě kmenů mikroorganismů. Tak pro pneumokoky je saturující koncentrace 20–50 µg/ml (Lerman a Tolmach 1957), pro *Xanthomonas phaseoli* 8 µm/ml (Corry, Starr 1957). Balassa u *Rhizobium phaseoli* (1957) použila

II. Závislost frekvence transformace na koncentraci DNK

(DNK přidána na počátku pokusu. Vyčkování na selektivní půdu po 24 hodinách. Výchozí koncentrace bakterií 3×10^5 /ml — konečná $1,7 \times 10^7$ /ml)

Koncentrace DNK v gama/ml	Počet transformovaných bakterií v 0,1 ml
15	62
1,5	65
$1,5 \times 10^{-1}$	190
$1,5 \times 10^{-2}$	47
$1,5 \times 10^{-3}$	12
$1,5 \times 10^{-4}$	2

Podle Balassa, Gáborová 1961

20 $\mu\text{g/ml}$, ale podle pozdějších prací (Balassa, Gáborová 1961) byla nejvyšší transformace dosažena již s 0,5 $\mu\text{g/ml}$ (tabulka II). V pokusech Želazné (1964a) byla saturující koncentrace u *Rhizobium trifolii* 10–20 $\mu\text{g/ml}$, podle kmene.

Souhrnně tedy za konstantního počtu bakterií je frekvence transformace úměrná koncentraci DNK až do limitujících rozmezí koncentrace. Tato koncentrace závisí na metodě izolace DN. Netransformující DNK bez genetického markeru se může rovněž adsorbovat na buňku a může snižovat frekvenci, nebo zcela bránit transformaci.

V transformačních pokusech s rhizobii byla nejčastěji indukována rezistence k antibiotikům, změny v antigenní struktuře, efektivita, případně inefektivita a virulence. Nejvíce pokusů bylo provedeno s rezistencí k antibiotikům, a to především ke streptomycinu. Zemiecká a Lorkiewicz (1962) získali donorové kmeny *Rhizobium trifolii* rezistentní k 100 000 gamma/ml streptomycinu. DNK z nich izolovaná transformovala rezistenci vůči tomuto antibiotiku a získané transformanty byly přibližně 2000krát rezistentnější než recipientní kmeny. V pokusech Ellise a spol. (1962) byla u *Rhizobium trifolii* úroveň získané rezistence nízká, 2–5 $\mu\text{g/ml}$ streptomycinu. Rezistence transformovaných buněk u *Rhizobium trifolii*, *Rhizobium meliloti* a *Rhizobium leguminosarum* v pokusech Želazné (1963) byla stejná jako u donorových kmenů. Rovněž Balassa a Gáborová (1961) indukci homologní DNK získanou ze streptomycin rezistentních mutantů transmitovaly stejný stupeň rezistence jako u donorů. S DNK jiného kmene byla úroveň transmittované rezistence redukována. Některé mutanty však netransmitovaly rezistenci u žádného ze zkoušených druhů rhizobií – *Rhizobium japonicum*, *Rhizobium meliloti* a *Rhizobium lupini* (Balassa 1961). Změnu v morfologii v prvních pasážích na streptomycinu pozorovala Želazná a vysvětluje ji dočasnou ztrátou rovnováhy enzymatického systému: U streptomycin rezistentních mutantů (Schwinghamer 1964) nebyla pozorována změna v efektivitě. Mutace rezistence k viovincinu a neomycinu u *Rhizobium trifolii*, *Rhizobium leguminosarum* a *Rhizobium meliloti* byla provázena ztrátou efektivnosti, u rezistence ke kanamycinu a polymyxinu byla ztráta efektivnosti jen řídká. Cytologicky neefektivní hlízky byly charakterizovány rychlým rozpadem bakteroidní tkáně. Schopnost vy-

volávat tvorbu hlízek byla u všech kmenů zachována. Ellis a spol. (1962) transformovali rezistenci k chloramphenicolu u *Rhizobium trifolii* a získaná rezistence byla nízkého řádu (1,5–5 $\mu\text{g/ml}$); vysvětluje si to tím, že rezistence k antibiotiku nebyla získána jednostupňově.

Transformace virulence mezi kmeny téže inokulační skupiny a kmenů různých inokulačních skupin byla předmětem několika prací s protichůdnými výsledky.

Řízenou přeměnu druhové specifity a změnu avirulentního kmene ve virulentní získal Krasilnikov (1941, 1945, 1955) pěstováním kultury rhizobií ve filtrátu jiného virulentního kmene po dobu několika měsíců. Své výsledky vysvětluje Krasilnikov změnou enzymatického systému vlivem „řídícího prostředí“. Peterson (1955) vidí příčinu přenosů specifity v regeneraci filtrovatelných forem, které byly ve filtrátu. Izraelskému (1954, 1957) se nálezy Krasilnikova i Petersona nepodařilo potvrdit. Při ověřování Krasilnikovových pokusů Vintikou (1965) byla očkovaná semena jetele rhizobiemi specifickými pro bob a kulturou pseudomonad, které byly předem pěstovány ve filtrátech *Rhizobium trifolii*. Na kořenech rostlin byly zjištěny parazitické hlízky, které však nepoutaly vzdušný dusík. Ljunggren a Fahraeus (1959) izolovali polysacharid ze tří kmenů různých inokulačních skupin a zaočkovali rostliny těmito kmeny ve všech vzájemných kombinacích s přidáním a bez přidání specifického polysacharidu a samotným polysacharidem. Při bakterizaci samotnou kulturou tvořily rostliny hlízky pouze se svým specifickým kmenem, rovněž samotný polysacharid byl bez efektu. Infekce byla zjištěna, jestliže k nespecifickému kmeni byl přidán specifický polysacharid. Jelikož inkubace s desoxyribonukleázou ničila aktivní princip, potvrzuje to domněnku, že nastala transformace činností DNK infekčního kmene, obsaženou v polysacharidové frakci. Cílem práce Hupreyové a Vincenta (1962) bylo opakování transformací polysacharidovou frakcí. V jejich pokusech však nebyly zjištěny žádné hlízky u rostlin bakterizovaných avirulentním kmenem a polysacharidem virulentního kmene. Rozdíl mezi frakcí polysacharidu izolovanou v obou srovnávaných pokusech byl v tom, že Ljunggren a Fahraeus (1959) použili starší kultury, kde možná již nastala lvze buněk. Transformací kmene *Rhizobium japonicum* preparátem DNK

izolovaným z *Rh. meliloti* získala Balassa u recipientních kmenů schopnost tvořit hlízky na vojtěšce. Reizolované kultury měly antigenní charakter donorového kmene. Kern (1965) podle výsledků svých sledování genetické transformace mezi *Agrobacterium tumefaciens* a *Rh. spec.* považuje za jisté, že existuje možnost genetické transformace mezi dvěma rody. Provedené morfologické, fyziologické a biochemické analýzy ukázaly, že vedle virulence mohou být přenášeny a dědičně fixovány i některé jiné vlastnosti. Naproti tomu Wagenbreth (1956) uvádí, že v jejích pokusech se nepodařilo spolehlivě provést přenos specifity, ačkoliv použili DNK ze tří druhů rhizobií a sedm druhů recipientních kmenů. Výjimečně pozitivní výsledky (u *Medicago sativa*) se nedaly reprodukovat. U jedné pokusné série vznikly po inokulaci recipientním kmenem neefektivní pravé hlízky, z nichž reizolovaná rhizobia dalšími pasážemi přes rostlinu byla schopna tvořit efektivní hlízky. Na základě stanovení kvocientů NDK bází usuzují, že se jedná

o bakterie donorového kmene, které přežily drastickou metodu izolace a 24hodinovou sterilizaci v alkoholu. Domnívá se proto, že je třeba velké opatrnosti při prověřování sterility DNK.

Z uvedeného přehledu vyplývá, že problém vnitrodruhových a mezidruhových přenosů virulence zůstává nevyjasněn.

Genetické přenosy vlastností mezi kmeny různých druhů rodu *Rhizobium* byly považovány za jedny z prvních úspěšných mezidruhových transformací. Druhy rodu *Rhizobium* mají za základ specifitu, to je virulenci omezenou na užší skupiny leguminóz, a nelze jinak spolehlivě biochemickými nebo sérologickými testy jednotlivé druhy rozlišit; stává se proto, zvláště v poslední době, otázkou oprávněnost stávajícího druhového rozdělení. Z tohoto hlediska by bylo předčasné přenosy mezi kmeny jednotlivých druhů rhizobií prokazatelně pokládat za mezidruhové transformace. Naopak tyto transformace mohou být jednou z cest k bližšímu poznání vzájemných vztahů dosavadních rhizobií, popřípadě i příbuzných rodů.

Došlo dne 5. 7. 1966

Literatura

1. ALEXANDER, H. E. - LEIDY, G. - HAHN, E.: Studies on the nature of Hemophilus influenzae cells susceptible to heritable changes by deoxyribonucleic acids. = „J. Exptl. Med.“, 99, 1954, s. 505. — 2. BALASSA, G.: Genetic Transformation of Rhizobium: a review of the work of R. Balassa. = „Bacteriol. Revs.“, 27, 1963, s. 228. — 3. BALASSA, R.: Transformationsmechanismen der Rhizobien. I-III. = „Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung.“, 2, 1954, s. 51. — 4. BALASSA, R.: In vivo induzierte Transformationen bei Rhizobien. = „Naturwissenschaften“, 42, 1955, s. 422. — 5. BALASSA, R.: Durch Desoxyribonukleinsäuren induzierte Veränderungen bei Rhizobien. = „Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung.“, 4, 1957 a, s. 77. — 6. BALASSA, R.: Einige Bedingungen der Ausbildung einer durch Desoxyribonukleinsäuren induzierte niedrigen Streptomycin-resistenz bei Rhizobien. = „Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung.“, 4, 1957 b, s. 85. — 7. BADASSEA, R.: Transformation of a strain of Rhizobium lupini. = „Nature“, 188, 1960, s. 246. — 8. BALASSA, R. - GABOR, M.: Transformacija u klubečkovy baktérij. = „Mikrobiologija“, 30, 1961, s. 457. — 9. CORRY, R. R. - STARR, M. P.: Genetic transformation of streptomycin resistance in Xanthomonas phaseoli. = „J. Bacteriol.“, 74, 1957, s. 146. — 10. ELLIS, N. J. - KALZ, G. G. - DONCASTER, J. J.: Transformation in Rhizobium trifolii. = „Canad. Jour. Microbiol.“, 8, 1962, s. 834. — 11. GERSHON, D. - S. A. ZAHNER - M. ALEXANDER: Some preliminary genetic studies of Rhizobium. Předběžné sdělení 1963. — 12. GUNSALUS, J. C. - STANIER, R. Y.: The Bacteria. V. Heredity, 1964, Academic Press. New York and London. — 13. HOTCHKISS, R.: Transfer of penicillin resistance in pneumococci by the deoxyribonucleate derived from resistant cultures. = „Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.“, 16, 1951, s. 457. — 14. HOTCHKISS, R. D. - MARMUR, J.: Double marker transformation as evidence of linked factors in deoxyribonucleate transforming agents. = „Proc. Natl. Acad. Sci., U. S.“, 40, 1954, s. 55. — 15. HUMPHREYOVA, B. A. - VINCENT, J. M.: Transformations in Rhizobium. Předběžné sdělení, 1963. — 16. IZRAILSKIJ, W. P.: Examination of changes in nodule bacteria grown in filtrates of other bacteria. = „Mikrobiologija“, 23, 1954, s. 22. — 17. IZRAILSKIJ, W. P.: The changes undergone by nodule bacteria grown in filtrates of other bacteria and the effect of these filtrates upon plants. = „Mikrobiologija“, 26, 1957, s. 541. — 18. KERN, H.: Untersuchungen zur genetischen Transformation zwischen Agrobacterium tumefaciens und Rhizobium spec. I. Übertragung der Fähigkeit zur Induktion pflanzlicher Tumoren auf Rhizobium spec. — 19. KOHOUTOVÁ, M. - KOPECKÁ, M. - KONÍČEK, J.: Possibility of inducing the frequency of streptomycin-resistant transformant during evolution of competence of recipient cells. = „Folia Microbiol.“, 8, 1963, s. 248. — 20. KRASILNIKOV, N. A.: Mutability of nodule bacteria. = „Dokl. Akad.

Nauk SSSR", 31, 1941, s. 90. — 21. KRASILNIKOV, N. A.: Übertragung neuer Virulenzeigenschaften bei knöllchenbildenden und einigen nicht knöllchenbildenden Bakterien. = „Mikrobiologija“, 14, 1945, s. 230. — 22. KRASILNIKOV, N. A.: Induzierte Veränderung bei Bakterien. = „Usp. sovrem. biol.“, 40, 1955, s. 179. — 23. LERMAN, L. S. - TOLMACH, L. J.: Genetic transformation. I. Cellular incorporation of DNA accompanying transformation in pneumococcus. = „Biochim. Biophys. Acta.“, 26, 1957, s. 69. — 24. LJUNGGREN, H. - FÄHRÆUS, G.: Effect of Rhizobium polysaccharide on the formation of polygalacturonase in lucerne and clover = „Nature, Lond.“, 184, 1959, s. 1578. — 25. MARMUR, J.: A procedure for the isolation of deoxyribonucleic acid from micro-organism. = „J. Mol. Biol.“, 3, 1961, s. 208. — 26. PAKULA, R. - PIECHOWSKA, M. - BARIKOWSKA, E. - WALCZAK, W.: A characteristic DNA mediated transformation system of two streptococcal strains. = „Acta Microbiol. Polon.“, 11, 1962, s. 205. — 27. PERRY, D. - SLADE, H. D.: Intraspecific and interspecific transformation in streptococci. = „J. Bacteriol.“, 88, 1964, s. 595. — 28. PETERSON, N. V.: Culturing nodule bacteria in filtrates of other species of these bacteria. = „Mikrobiologija“, 24, 1955, s. 274. — 29. SCHWINGHAMER, E. A.: Association between antibiotic resistance and ineffectiveness in mutant strains of Rhizobium spp. = „Canad. Jour. of Microbiol.“, 10, 1964, s. 221. — 30. VINTIKA, J.: O výskytu pé nových hlízek. = „Sborn. ČSAZV“, 29, 1956, s. 949. — 31. WAGENBRETH, D.: Zur Transformierbarkeit der Knöllchenbakterien. = „Arch. Mikrobiol.“, 52, 1965, s. 1954. — 32. YOUNG, F. E. SPIZIZEN, J.: Physiological and genetic factors affecting transformation of Bacillus subtilis. = „J. Bacteriol.“, 81, 1961, s. 823. — 33. YOUNG, F. - SPIZIZEN, J.: Incorporation of deoxyribonucleic acid in Bacillus subtilis transformation system. = „J. Bacteriol.“, 86, 1963, s. 392. — 34. ZIEMIECKA, J. - LORKIEWICZ, L.: Studies on the variability and genetics of rhizobium. Předběžné sdělení, 1962. — 35. ŽELAZNA, I.: Transformation of Rhizobium. = „Acta Microbiol. Polon.“, 12, 1963, s. 166. — 36. ŽELAZNA, I.: Transformation in Rhizobium trifolii. I. The influence of some factors on the transformation. = „Acta Microbiol. Polon.“, 13, 1964, s. 283. — 37. ŽELAZNA, I.: Transformation in Rhizobium trifolii. II. Development of competence. = „Acta Microbiol. Polon.“, 13, 1964, s. 291.

RNDr. Hana Marečková, CSc., Vladimír Škrdleta, CSc., prom. biolog,
ing. Marta Plišková, Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby,
Praha - Ruzyně

K STUDII DR. KOLÁŘÍKA „ZÁVISLOST VÝNOSŮ PLODIN NA OBSAHU P_2O_5 V PŮDĚ“

Rostlinná výroba, 12 (XXXIX), 1966, č. 7, s. 799-806

Obsah a především styl, jakým byla studie napsána, našly rozpačitou, ale přece jen dost hlubokou odezvu v zemědělské veřejnosti, zvláště v okruhu pracovníků na úseku výživy rostlin. Na žádost některých pracovníků odboru rostlinné výroby MZLH, kteří tlumočili své stanovisko redakční radě vědeckého časopisu Rostlinná výroba, byl Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby požádán o vyjádření k této studii, se kterou jsme původně nechtěli polemizovat. Domníváme se totiž, že vědecké spory se řeší především výsledky dosaženými při realizaci získaných vědeckých poznatků v praxi a že domněnky se ověřují reprodukovatelnými důkazy.

Autor v uvedené studii zaujímá z počátku stanovisko k poměrům praxe a přenosu vědeckých poznatků do praxe, hlavní pozornost však věnuje zdůraznění výzkumu vzájemného poměru hlavních živin (NPK) a především kritice dosavadních normativů spotřeby živin a tedy i potřeby živin na dosažení přírůstků výnosů.

Vyjdeme-li ze stěžejní práce autora (1959), napsané na základě vlastního experimentálního materiálu, který měl tehdy autor z vlastních pokusů k dispozici, pak otištění nové studie je značným překvapením. Autor nyní upouští od výnosové křivky ve funkci logaritmické a používá prostě bilanční metody. Dále z nevysvětlitelných důvodů zvyšuje z původních 10 na 30 koeficient přepočtu, kterým stanoví z obsahu živin (P, K) zjištěných agrochemickým rozborům půdy celkovou hladinu přijatelných živin. Tak závažné změny by bylo pochopitelně nutno doložit dostatečným exaktním experimentálním materiálem, přičemž by bylo nutno, aby příslušné živiny byly v pokusech odstupňovány. Autor ve své studii dochází k velmi přesným vývodům na základě několika velmi problematických předpokladů:

1. považuje agrochemický rozbor za exaktní míru přístupných živin;
2. definovaný poměr základních živin (NPK) v půdě považuje za dominantní faktor rozhodující o výnosu;
3. považuje využitelnost živin z hnojiv a půdní zásoby za konstantní;
4. považuje za možné uváděnou metodou

(s. 801) určit obsah živin na základě jejich hladiny v rostlině.

Kromě toho autorem stanovená potřeba živin by mohla být použita pro na-prosto „hladové“ půdy a nemůže být směrodatná pro plodinu zařazenou v osevním postupu. Nepočítá tedy s bilancí živin v rámci jejich koloběhu.

Celá řada prací zahraničních a v posledních letech i domácích autorů dokumentuje spornost těchto názorů. Jsou to zejména práce provedené v posledních letech na úseku agrochemických rozborů půd těmito pracovníky: Pirklem, Škardou, Damaškou, Pešákem, Dostálem a dalšími. Na úseku poměru živin je relativnost určení správného poměru v půdě a dokonce i v rostlině objasňována pracemi Neubergera, Baiera, pracovníků VÚO v Kroměříži a v poslední době i VŠZ v Brně.

Při stanovení využitelnosti živin z půdy a minerálních hnojiv nebere autor vůbec ohled na formu minerálních hnojiv, dobu a způsob aplikace a zejména neuvažuje půdní a klimatické podmínky. O nesprávnosti takového postupu svědčí také velká řada prací zahraniční i současné domácí literatury.

O nemožnosti vypočítat přesně obsah živin v půdě z analýzy rostlin je také mnoho literatury. Z československých autorů se této otázce v poslední době věnovali Baier, Mrva, Neuberger, Škopík, Škarda a další.

Domnívám se, že je správné, že různí autoři přibližují své názory a představy, které mohou v mnoha případech vést

i k velmi konkrétním závěrům; je však nutno, aby všechny tyto názory byly označeny jako domněnky.

Je třeba si konečně uvědomit, že nestačí, napíše-li autor, že jeho představa je abstrahováním z velké počtu pozorování a nikoli spekulací. Bohužel musíme říci, že spekulací zůstává i potom. Autor může vyslovit tímto způsobem (a ještě těžko) domněnku, ovšem k důkazu platnosti musí předložit a statisticky dokázat své tvrzení na dostatečném počtu pozorování a předložit je vědecké opONENTUŘE. Jinak zůstává na pozici domněnky nebo dokonce spekulace.

Souhlasím však s autorem v názoru, že řada údajů používaných k dnešnímu dni není přesná; jedním z nich jsou normativy potřeby živin na dosažení výnosů. Upozorňujeme na tento nedostatek v právě publikovaných pracích. Musím však konstatovat, že je to otázka značné obtížná a není možno ji bez dostatečného množství materiálu zatím uzavřít. Mohu autora studie ubezpečit, že nemáme dost materiálu ani dnes, natož je mylné se domnívat o jeho existenci v archivech ústavu. Ke konkrétním úkolům obvyčejně musí být přesně přizpůsobena metodika a založen dostatek experimentů. Většina materiálu z pokusů v minulých letech (do r. 1960 za tím účelem konaných není dostatečně exaktní a chybí jí buď chemické analýzy sklizňových produktů, nebo v pokusech nebyly zařazeny klíčové varianty, které by umožnily přesné vyhodnocení. V následujících letech byla práce našeho oddělení zaměřena více na otázky sortimentu hnojiv a teprve v posledních letech je možno věnovat určitou pracovní kapacitu znovu na tyto problémy.

Pokud se týče účinnosti hnojiv v praxi, bylo o tom napsáno mnoho a ne špatně. Myslím tedy, že jsou veřejnosti tyto otázky dost jasné. Nechceme-li zneužívat skutečnosti, vidíme, že chybu rozhodně nemůžeme hledat v nedokonalosti tabulek hnojení, ale v systému hospodaření většiny zemědělských závodů. Důkladem toho jsou jednak výsledky v účinnosti hnojiv v stabilizovaných zemědělských závodech, jednak skutečnost, že naše hnojařské tabulky nejsou příliš odlišné od tabulek používaných v zemědělské praxi celé střední Evropy.

Lze také předpokládat, že normativy autorem navržené by se po jejich uplatnění v rámci systému hnojení v osevním postupu příliš (kromě K_2O) od dosavad-

ních normativů nelišily. Ke stanovení skutečné potřeby draslíku však bude nutné provést důsledný výzkum.

Nechci tím říkat, že pro praxi doporučené tabulky hnojení jsou dokonale, ovšem nedoporučuji měnit je jenom proto, že vznikla nová domněnka. Domnívám se, že nejsou tak špatné, aby byly faktorem limitujícím rust výnosů plodin, a že je proto lépe je ponechat tak dlouho, dokud nemáme pevnou záruku, že jsme průkazně dokázali jejich závazný nedostatek principiálního nebo i lokálního významu.

V závěru pouze jako pozdější nástupce dr. Kolářika a kolegy ing. Baiera:

Nemyslím, že kritika měla postihnout ing. Baiera, který v tomto úseku velmi iniciativně pracuje, přičemž většina kritiky spadá na účet faktů, převzatých ing. Baierem v dřívější době právě od autora studie.

Jsem současně povinen říci, že si hluboce vážíme práce dr. Kolářikem na našem pracovišti vykonané, a to i té části, ve které jsme s ním nesouhlasili a kterou také průběhem času vývoj agrochemické vědy neprovedl. Jeho práce byla začátkem práce našeho oddělení, základem práce našeho jednoho výzkumného úseku výživy rostlin, pro mnohé další inspirací nebo konkretizací nových problémů a pohledů a pro zbývajících odrazovým můstkem kritiky a ujasňování, vedoucích k dialektickému rozvíjení tohoto vědního oboru. Tím hůře se podrobují kritice řádky napsané z pozic překonaných a prosycených hořkostí.

Je však nutno si uvědomit i stanovisko příslušných odborů MZLH. Tyto instituce trvají na našem vyjádření a žádají vyjasnění. Ovšem, soudruzi, jenom polemikou jasno stejně neuděláme. Již 6 let usilujeme o zajištění pracovních možností, abychom na potřebné úrovni zajistili ty úkoly, které z problémů chemizace zemědělství vyplývají. Dodnes jim nebyla věnována konkrétní pozornost žádným kompetentním orgánem. Chemizace a zejména výživa rostlin jsou označovány za neobvyčejně závažné, jsou jimi zahajovány projevy našich vedoucích pracovníků a státníků od parlamentních vystoupení až po dožínkové slavnosti, ale tím, bohužel, vše končí. Dodnes nikdo neuznal za nutné zajistit a sjednotit výzkumnou základnu natolik, aby se výzkumníci nemuseli hádat nad spekulativními názory a představami, ale mohli hodnotit výsledky ověřených a průkazných experimentálních výsledků.

Ing. Jaroslav Neuberger, CSc., Ústřední výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně

Podepsáno k tisku dne 13. února 1967

Neuberg J.: Problémy spojené se zajištěním perspektivního výzkumného plánu na úseku výživy rostlin . . .	213
Baier J., Smetánková M.: Obsah organického fosforu v půdách dlouhodobých polních pokusů . . .	217
Pírk J., Novozámský I.: Reakce fosforečných hnojiv s půdou. I. Rozložení fosforu z hnojiv do frakcí půdního fosforu v polních pokusech . . .	225
Pírk J., Novozámský I.: Reakce fosforečných hnojiv s půdou. II. Laboratorní pokusy . . .	235
Němec A., Pecina L., Kroulíková H.: Vyšetření optimálního podílu vodorozpustné P_2O_5 v kombinovaných hnojivech . . .	241
Jiráček V., Kanta J., Votruba I., Kryžánek R.: Systematická analýza základních typů fosforečných sloučenin v rostlinném materiálu . . .	249
Dostál A., Pešák M.: Příspěvek k otázce stanovení obsahu přijatelného drasla v půdách ČSSR . . .	267
Škarda M.: Vliv hnojení na bilanci draslíku v půdě . . .	271
Němec A., Mazanec O.: Studium vzájemných vztahů mezi agrochemickými vlastnostmi ornice, hnojením a výnosy plodin . . .	285
Apłtauier J.: Vliv slámy a dusíkatých hnojiv na respiraci půdy a výnos kukuřice. Nádobové a laboratorní pokusy . . .	297
Skokan E., Skokanová P.: Sledování vlivu zinku a některých mikroelementů s bentonitem na růst ječmene v nádobovém pokusu . . .	311
Apfelthaler R., Novák B.: Vliv amonného dusíku na rozklad glukózy v půdě při různém hnojení . . .	319
Tematický přehled	
Marečková H., Škrdleta V., Plišková M.: Přehled o současném stavu genetických transformací u rodu <i>Rhizobium</i> . . .	325
Studie	
Neuberg J.: K studii dr. Kolářika „Závislost výnosů plodin na obsahu P_2O_5 v půdě“ . . .	331

СОДЕРЖАНИЕ

Нейберг Й.: Проблемы, связанные с обеспечением перспективного научно-исследовательского плана в области питания растений (213). — Байер Я., Сметанкова М.: Содержание органического фосфора в почвах многолетних полевых опытов (222). — Пиркл б., Новозамски Й.: Реакция фосфорных удобрений с почвой. I. Разложение фосфора из удобрений на фракции почвенного фосфора в полевых опытах (233). — Пиркл Й., Новозамски Й.: Реакция фосфорных удобрений с почвой. II. Лабораторные опыты (240). — Немец А., Печина Л., Кроуликова Г.: Исследование оптимальной доли водорастворимой P_2O_5 в комбинированных удобрениях (246). — Йирачек В., Канта Й., Вotruba Я., Крижанек Р.: Систематический анализ основных типов фосфорных соединений в растительном материале (263). — Достал А., Пешак М.: К вопросу определения усвояемого калия в почвах ЧССР (270). — Шкарда М.: Влияние удобрения на баланс фосфора и калия в почве (281). — Немец А., Мазанец О.: Изучение взаимозависимости между агрохимическими свойствами пахотных слоев, удобрением и урожаями культур (294). — Аплтауэр Й.: Влияние соломы и азотных удобрений на респирацию почвы и урожай кукурузы. Опыты в сосудах и лабораторные опыты (308). — Скокан Е., Скоканова П.: Исследование влияния цинка и других микроэлементов с bentonитом на рост ячменя при помощи опыта с вегетационными сосудами (316). — Аффилтгалер Р., Новак Б.: Влияние аммониевого азота на разложение глюкозы в почве при разном удобрении (323). — Маречкова Г., Шкрдлета В., Плишкова М.: Обзор о современном положении генетических трансформаций у вида *Rhizobium* (325). — Нейберг Й.: К статье д-ра Коларжика «Зависимость урожая от содержания P_2O_5 в почве» (331).

CONTENT

Neuberg J.: Problems connected with Ensuring of the Perspective Research Plan in the Sector of Plant Nutrition (213). — Baier J., Smetánková M.: The Organic Phosphorus Content in Soils of the Long-term Field Trials (222). — Pírk J., Novozámský J.: Reaction of Phosphate Fertilizers with the Soil. I. Distribution of Phosphorus from Fertilizers into Fractions of the Soil Phosphorus in Field Experiments (233). — Pírk J., Novozámský J.: Re-

action of Phosphate Fertilizers with the Soil. II. Laboratory Experiments (240). — Němec A., Pecina L., Kroulíková H.: Investigation of the Optimum Proportion of Water-Soluble P_2O_5 in Combined Fertilizers (247). — Jiráček V., Kanta J., Votruba J., Kryžánek R.: A Systematic Analysis of Fundamental Types of Phosphorus Compounds Occurring in Plant Material (264). — Dostál A., Pešák M.: Contribution to the Problem of Determining the Content of the Available Potassium in the Soils of Czechoslovakia (270). — Škarda M.: Influence of Fertilizing on the Balance of Potassium in the Soil (282). — Němec A., Mazanec O.: Investigation of the Mutual Relations between the Agrochemical Properties of Soils, Fertilization, and Yields of Crops (295). — Apltauer J.: Influence of Straw and Nitrogenous Fertilizers on Soil Respiration and Maize Yield Pot and Laboratory Experiments (308). — Skokan E., Skokanová P.: Investigation of the Influence of Zinc and Other Microelements with Bentonite on the Growth of Barley in Pot Experiments (317). — Apfelthaler R., Novák B.: Influence of Ammonium Nitrogen on Glucose Decomposition in Various Fertilized Soil (323). — Marečková H., Škrdleta V., Plišková M.: Survey of the Present State of Genetic Transformations in Genus *Rhizobium* (325). — Neuberg J.: To the Study of Dr. Kolářik „Dependence of Yields on the P_2O_5 Content in Soil“ (331).

INHALT

Neuberg J.: Die mit Sicherstellung des perspektivischen Forschungsplanes auf dem Gebiete der Pflanzenernährung verbundenen Probleme (213). — Baier J., Smetánková M.: Der Gehalt an organischem Phosphor in Böden der Felddauerdüngungsversuche (223). — Pírk J., Novozámský J.: Die Reaktion der Phosphordünger mit dem Boden. I. Die Zersetzung des Phosphors aus den Düngern in Fraktionen des Bodenphosphors bei Feldversuchen (234). — Pírk J., Novozámský J.: Die Reaktion der Phosphordünger mit dem Boden. II. Laborversuche (240). — Němec A., Pecina L., Kroulíková H.: Untersuchung des optimalen Anteils an wasserlöslichem P_2O_5 in kombinierten Düngemitteln (247). — Jiráček V., Kanta J., Votruba J., Kryžánek R.: Systematische Analyse der Grundtypen von Phosphorverbindungen im pflanzlichen Material (264). — Dostál A., Pešák M.: Beitrag zur Frage der Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem Kali in den Böden der ČSSR (270). — Škarda M.: Einfluß der Düngung auf die Kalibilanz im Boden (283). — Němec A., Mazanec O.: Studium gegenseitiger Beziehungen zwischen den agrochemischen Eigenschaften von Ackerkrumen, der Düngung und den Erträgen (295). — Apltauer J.: Einfluß des Strohes und der Stickstoffdünger auf die Respiration des Bodens und auf den Maisertrag. Gefäß- und Laborversuche (309). — Skokan E., Skokanová P.: Die Verfolgung des Einflusses von Zink und von einigen Mikroelementen mit Bentonit auf das Wachstum der Gerste bei einem Gefäßversuch (318). — Apfelthaler R., Novák B.: Einfluß des Ammoniumstickstoffes auf die Zersetzung von Glukose im Boden bei verschiedener Düngung (324). — Marečková H., Škrdleta V., Plišková M.: Übersicht des gegenwärtigen Standes der genetischen Transformationen bei der Gattung *Rhizobium* (325). — Neuberg J.: Zur Studie von Dr. Kolářik „Abhängigkeit der Erträge vom Gehalt von P_2O_5 im Boden“ (331).