

VĚDECKÝ ČASOPIS



ROSTLINNÁ VÝROBA

PŮDNÍ MIKROBIOLOGIE

11

ROČNÍK 30 (LVII)
PRAHA
LISTOPAD 1984
CENA 18 Kčs
ROVYAM 30 (11)
1113-1224
CS ISSN 0370-663X



ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Rídí redakční rada

Prof. ing. František Hron, DrSc. (předseda), ing. Jiří Apltaufer, CSc., ing. Ivo Bareš, CSc., doc. ing. Mikuláš Derco, DrSc., dr. ing. Zbyněk Facek, CSc., ing. Jozef Habovštiak, CSc., ing. Josef Hlaváček, CSc., prof. dr. ing. Ladislav Hruška, DrSc., ing. Josef Kopřiva, CSc., prof. ing. Anton Kováčik, DrSc., ing. Jaroslav Lekeš, DrSc., ing. František Mráz, CSc., doc. ing. Jaroslav Prugar, DrSc., prof. ing. Václav Rybáček, CSc., ing. Luboš Schmid, CSc., ing. Josef Slepíčka, CSc., ing. Miron Suškevič, CSc., doc. ing. Ján Švihra, CSc., ing. Juraj Uhliar, CSc., doc. ing. František Vlček, CSc., ing. Jaroslav Voškeruša, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá prof. ing. František Hron, DrSc.
Redaktorka ing. Marie Michálková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1984

■

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA uveřejňuje studie, rozbor a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu z oboru rostlinné výroby. Vydává Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7. Telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 216,—.

■

Научный журнал ROSTLINNÁ VÝROBA публикует обзоры, анализы и научные статьи о решенных заданиях по научному исследованию в области растениеводства. Издает Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 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 for Agriculture. Issued monthly. Editorial office 120 56 Prague 2, Slezská 7.

K 60. NAROZENINÁM DOC. DR. ING. BOHUMÍRA NOVÁKA, DRSC., ČLENA ČSAZ

Dne 7. listopadu 1984 oslavil 60. narozeniny doc. dr. ing. Bohumír Novák, DrSc., člen ČSAZ, vedoucí odboru výživy rostlin Výzkumného ústavu rostlinné výroby, Praha — Ruzyně a vedoucí oddělení půdní organické hmoty téhož ústavu. Zastává celou řadu dalších vědeckých funkcí, např. je předsedou komise pro obhajoby kandidátských disertačních prací v oboru obecná produkce rostlin, zástupce ČSSR v evropském sdružení pro spolupráci (European Cooperative Network) FAO pro využití odpadů z živočišné výroby (Animal Waste Utilization), zástupce šéfredaktora vědeckého časopisu Zentralblatt für Mikrobiologie. Kromě toho je koordinátorem výzkumného úkolu státního plánu rozvoje vědy a techniky a výzkumného úkolu základního výzkumu. Ve vědeckých kruzích je doc. Novák, DrSc. znám jako náš přední odborník v oblasti přeměny organických látek v organických hnojivech a v půdě, zejména v hlediska tvorby humusu.



Začátky odborné činnosti doc. Nováka spadají do posledních let jeho studia na Vysoké škole zemědělského a lesního inženýrství, kdy v Laktologickém ústavu řešil svůj první samostatný úkol (1947). Záhy, jako řádný pracovník tohoto ústavu po obhájení disertační práce (1948) z problematiky bakteriofágů streptokoků mléčného kysání, získal doktorát technických věd.

S nástupem do nynějšího Výzkumného ústavu rostlinné výroby Praha — Ruzyně v roce 1951 se jeho vědecká činnost obrátila k půdní mikrobiologii (studium fyziologie a ekologie azotobaktera a dalších organismů fixujících vzdušný dusík) a v roce 1954 k problematice organických hnojiv. V roce 1957 předložil kandidátskou disertační práci „Hodnocení různých způsobů ukládání chlévské mrvy na podkladě mikrobiologických a biochemických průzkumů“. Studium přeměn organických látek ve statkových hnojivech a v půdě se stalo základem pro formulaci nové teorie humifikčních procesů jako výsledek relací mezi biochemickými přeměnami organických látek a energetickým metabolismem půdní mikroflóry, kterou předložil v roce 1963 v doktorské disertační práci „Příspěvek k teorii mikrobiální tvorby humusu“. V roce 1965 vypracoval ve formě docentské habilitační práce nové metody biochemických testů, které charakterizují nejdůležitější transformace biogenních prvků i energie v půdě.

Doc. Novák řeší problematiku organických hnojiv s akcentem vzájemných vztahů látkového a energetického metabolismu půdní biocenózy a důsledků tohoto metabolismu pro půdní úrodnost. Úspěšnost prá-

ce doc. Nováka a jeho spolupracovníků byla např. ohodnocena v roce 1972 cenou ČAZ I. stupně (Biochemie tvorby humusu) a zvláštním oceněním ČSAV a FM TIR za výsledky v oblasti biochemické immobilizace dusíku v půdě v roce 1981. Za dosažené pracovní výsledky a angažovanost bylo mu uděleno resortní vyznamenání Zasloužilý pracovník zemědělství a výživy, čestné medaile a bronzové plakety ČSAZ za zásluhy o rozvoj vědy v zemědělství.

Doc. Novák si získal uznání svými původními vědeckými pracemi o biologii půdy, přeměnách organických látek a o bioenergetických pochodech v půdě. Do současné doby publikoval více než 250 původních vědeckých prací, předložil 32 závěrečných zpráv, 7 syntetických prací z oblasti půdní úrodnosti a hospodaření na půdě. Přednesl 28 referátů na mezinárodních konferencích a kongresech, z toho 17 v zahraničí a velké množství referátů na čs. vědeckých setkáních.

Vědecká aktivita doc. Nováka je zřejmá i z řady vědeckých a odborných funkcí v ČSAZ. Je členem odboru zvelebování půdního fondu ČSAZ, předsedou jeho komise pro biologii, půdní organickou hmotu a hygienu půdy. Je též členem odboru rostlinné výroby, členem jeho komise výživy rostlin, dále členem ústřední komise ČSAZ pro životní prostředí a předsedou její subkomise pro agrochemikálie. Dále pracuje jako vědecký sekretář ústřední komise pro biologické technologie, jako předseda komise pro biotechnologie v rostlinné výrobě a předseda komise pro racionální využití exkrementů z velkochovů. Doc. Novák se dále odborně angažuje jako konzultant komise prezidia ČSAZ pro otázky životního prostředí, jako člen vědecké skupiny pro životní prostředí Čs. výboru pro evropskou bezpečnost a spolupráci, jako stálý vedoucí čs. pracovní skupiny RVHP prognóz potřeby hnojiv, konzultant FAO pro vybrané problémy v projektu Rural Energy — energie pro zemědělství a v neposlední řadě jako organizátor mezinárodních symposií HUMUS et PLANTA.

Pravidelné pořádání HUMUS et PLANTA v Československu se stalo tradiční vědeckou akcí mezinárodního významu, umožňující pravidelnou výměnu vědeckých poznatků a názorů na aktuální otázky výzkumu půdní organické hmoty. Opakovaným uspořádáváním Humus et Planta v Československu je oceňována nejen úroveň výzkumu v tomto oboru u nás, ale i organizační schopnosti výboru v čele s doc. Novákem.

Doc. Novák je výraznou postavou v našem společenském dění. Vyzdvihuje příkladné výkony, inspiruje spolupracovníky k dalším výkonům. V současné době se zabývá hlavně řešením systémových vztahů v oblasti půdní úrodnosti rostlinné výroby a soustav hospodaření na půdě, a to s akcentem na půdní biologii a bioenergetiku.

Prof. ing. Anton Kováčik, DrSc.,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně

MINERALIZACE ^{14}C -2, 4-D V PŮDĚ: VLIV GLUKÓZY a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ PŘI RŮZNÝCH TEPLOTÁCH

F. Kunc, J. Rybářová

KUNC, F. — RYBÁŘOVÁ, J. (Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha): *Mineralizace ^{14}C -2,4-D v půdě: Vliv glukózy a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ při různých teplotách*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11): 1115-1120.

Tvorba $^{14}\text{CO}_2$ jako produktu mikrobiální degradace 2- ^{14}C -2,4-D (50 $\mu\text{g/g}$) ve vzorcích černozemní půdy měla sigmodní charakter při teplotách 10, 19 a 28 °C. S rostoucí teplotou se zkracovalo období lagu a doba zdvojení mineralizační aktivity v exponenciální fázi (D.T.). Současné obohacení zeminy glukózou (1 mg/g) vedlo vždy ke snížení hodnot D. T., ale nikoliv ke zkrácení lag-fáze. Byl-li s glukózou současně vnesen síran amonný (C : N = 5 : 1), účinek byl podobný, ale méně výrazný. Při teplotě 37 °C nenastala během 10 týdnů exponenciální fáze, tvorba $^{14}\text{CO}_2$ byla lineární i po přenesení vzorků do teploty 28 °C. Obohacení zeminy zdroji C a N průběh procesu neovlivnilo.

černozemní půda; ^{14}C -2,4-D; mikrobiální rozklad; tvorba $^{14}\text{CO}_2$; teplota; glukóza; síran amonný

Herbicidy typu fenoxalkanových kyselin podléhají po vnesení do půdy biologické degradaci. Průběh rozkladného procesu může být výrazně ovlivněn teplotou i aktuálními výživovými podmínkami. Mechanismus účinku těchto ekologických činitelů na biotickou složku půdy je zřejmě komplexní povahy. K ovlivnění může dojít na úrovni subcelulární i buněčné s příslušnou odezvou na úrovni mikrobiálních populací a společenstev. Změny se tudíž nejen aktivita metabolických reakcí, ale i populační dynamika kompetentních rozkladačů. Účinek teploty může souviset i se změnami v dostupnosti herbicidu pro mikroorganismy. Ačkoliv tyto skutečnosti byly popisovány řadou autorů [např. Audus, 1964; Demarco et al., 1967; Goring et al., 1975; Kunc a Rybářová, 1980, 1983a; Kunc et al., 1984], nebyly dosud zkoumány ve vzájemné souvislosti důsledky působení teploty a přítomnosti dostupných zdrojů uhlíku a dusíku na biologický rozklad zmíněných herbicidů v půdě.

Účelem této práce proto bylo získat údaje o některých kinetických parametrech mineralizace herbicidu 2,4-dichlorofenoxycetové kyseliny (2,4-D) při různých teplotách v zemině současně obohacené glukózou a síranem amonným.

MATERIÁL A METODY

Vzorky černozemě (Líbeznice u Prahy) byly odebrány z povrchové vrstvy orniče (0–100 mm), usušeny na vzduchu a prosátý. K pokusům byla použita frakce o průměru strukturních agregátů 2 až 5 mm. Zemina obsahovala 2,12 % C, 0,17 % N,

poměr C:N byl 12:1, pH suspenze zeminy ve vodě (1:2,5) bylo 7,85. Pokud je známo, zemina nebyla v minulosti ošetřena herbicidy typu fenoxalkanových kyselín.

Navážka 25 g zeminy byla inkubována v uzavřených 250ml nádobách po ovlhčení vodným roztokem příslušného substrátu na 60 % plné vodní kapacity. Vlhkost byla udržována na konstantní hladině pravidelným doplňováním destilovanou vodou. Inkubace probíhala ve tmě při teplotách 10, 19, 28 a 37 °C. V jednotlivých variantách byl přidáván vodný roztok preparátu 2,4-dichlorofenoxyoctové kyseliny v koncentraci 50 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ na vzduchu vyschlé zeminy, obsahující ^{14}C ve 2. poloze acetylového bočního řetězce. Radioaktivita 2- ^{14}C -2,4-D vnesená do každé nádoby odpovídala 17,4 kBq. Glukóza byla přidávána v koncentraci 1 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ na vzduchu vyschlé zeminy a pokud byl vnášen současně $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, pak poměr C:N v roztoku byl 5:1. Na povrchu zeminy byl umístěn kalíšek s 1 ml 10% NaOH k absorpci uvolňovaného oxidu uhličitého. Louh byl vyměňován v 1 až 2 denních intervalech a použit ke stanovení koncentrace CO_2 a radioaktivity $^{14}\text{CO}_2$. Absorbovaný CO_2 byl stanovován po vysrážení 12,5% roztokem BaCl_2 titrací nadbytku louhu 50 ml HCl. Radioaktivita $^{14}\text{CO}_2$ byla měřena po převedení alikvotního podílu louhu do roztoku POP a POPOP v toluenu na scintilačním spektrometru Mark I (Nuclear Chicago).

Výsledky všech měření uvedených v práci představují průměry hodnot zjištěných u dvou paralelních vzorků.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V průběhu inkubace vzorků zeminy se ^{14}C -2,4-D byl uvolňován $^{14}\text{CO}_2$ jakožto finální produkt mineralizace této látky. Při teplotách 10, 19 a 28 °C měly kumulativní křivky tvorby $^{14}\text{CO}_2$ typický sigmoidní charakter, jak byl popsán již dříve (Kunc a Rybářová, 1983b). Po určité době trvání lag-fáze následovalo období exponenciální, kdy vzrůst rychlosti tvorby $^{14}\text{CO}_2$ sledoval logaritmickou závislost; poté se rychlost procesu opět snižovala.

Délka lag-fáze se zkracovala se stoupající inkubační teplotou, od 45 dnů při 10 °C až na 3 dny při 28 °C a nebyla ovlivněna přidáním zdroji uhlíku a dusíku. V tomto období mikroorganismy nabývají v kontaktu s herbicidem biodegradačních schopností v adaptačních pochodech fyziologické a genetické povahy (Torstensson, 1980). Právě tyto procesy jsou pravděpodobně stimulovány zvyšující se teplotou, nikoliv zkoumanými zdroji živin. Během prvních 1 až 3 dnů (při 10 °C během prvního týdne) inkubace, tj. v období lagu tvorby $^{14}\text{CO}_2$, proběhla primární oxidace vnesené glukózy ve všech teplotních variantách, v přítomnosti i nepřítomnosti zdroje dusíku. Využití glukózy i síranu amonného k růstu vedlo v obohacených variantách k intenzivnějšímu pomnožení půdních mikroorganismů včetně příslušných mikrobiálních rozkladačů herbicidu (Kunc a Rybářová, 1984).

V exponenciální fázi procesu logaritmické hodnoty denní rychlosti tvorby $^{14}\text{CO}_2$ závisely na čase striktně lineárně ve všech teplotních i výživových variantách. Dokládají to hodnoty korelačního koeficientu linearit r (tab. I). V tomto období se dá stanovit tzv. doba zdvojení mineralizační aktivity (D.T.) analogicky jako u generační doby, charakterizující vývoj mikrobiální populace. Hodnoty D.T. se rovněž snižovaly se vzrůstající inkubační teplotou v rozmezí 10 až 28 °C, zřejmě v důsledku obecného stimulačního účinku rostoucí teploty na aktivitu enzymatických reakcí a růstovou rychlost. Obohacení zeminy glukózou a v menší míře i směsí glukózy se síranem amonným vedlo ve všech teplotních variantách k dalšímu snížení hodnot D.T. (tab. I). Tuto skutečnost lze přisoudit komplexnímu účinku uhlíkatých a dusíkatých výživových zdro-

I. Některé charakteristiky dynamiky tvorby $^{14}\text{CO}_2$ při mineralizaci 2- ^{14}C -2,4-D v zemině — Some characteristics of the dynamics of $^{14}\text{CO}_2$ evolution in the course of 2- ^{14}C -2,4-D mineralization in the soil

Charakteristika	Teplota (°C)							
	10		19			28		
	substrát ^{a)}							
	C	G	C	G	GN	C	G	GN
Časové rozmezí exponenciální fáze, dny	45—60	45—60	20—27	17—27	17—27	3—20	3—17	3—17
<i>r</i> ^{b)}	0,886	0,952	0,992	0,996	0,997	0,993	0,952	0,938
<i>D. T.</i> ^{c)} , dny	8,95	4,94	3,62	2,59	2,75	3,58	1,64	2,45
Rozsah mineralizace ^{d)} , %	31,0 ^{e)}	35,9 ^{e)}	32,7	32,2	29,3	32,6	32,2	32,3

^{a)} C – 2,4-D, G – 2,4-D + glukóza, GN – 2,4-D + glukóza + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

^{b)} r – korelační koeficient linearity exponenciální fáze tvorby $^{14}\text{CO}_2$ v uvedeném časovém rozmezí

^{c)} $D, T.$ – doba zdvojení mineralizační aktivity v exponenciální fázi

^{d)} % vneseného ^{14}C zjištěného po 38 dnech inkubace jako $^{14}\text{CO}_2$

^{e)} po 79 dnech inkubace

II. Denní rychlost tvorby $^{14}\text{CO}_2$ z $2\text{-}^{14}\text{C-2,4-D}$ v zemině inkubované při teplotě 37°C — Daily rate of $^{14}\text{CO}_2$ evolution from $2\text{-}^{14}\text{C-2,4-D}$ in the soil incubated at 37°C

Období inkubace, dny	Substrát ^{a)}					
	C		G		GN	
	v ^{b)}	r ^{c)}	v ^{b)}	r ^{c)}	v ^{b)}	r ^{c)}
1.—20.	$0,149 \pm 0,076$	0,992	$0,154 \pm 0,021$	0,999	$0,174 \pm 0,076$	0,996
21.—48.	$0,224 \pm 0,037$	0,999	$0,224 \pm 0,039$	0,999	$0,246 \pm 0,053$	0,998
49.—69.	$0,272 \pm 0,102$	0,996	$0,332 \pm 0,188$	0,984	$0,254 \pm 0,094$	0,996
49.—69. ^{d)}	$0,176 \pm 0,098$	0,979	$0,169 \pm 0,088$	0,995	$0,182 \pm 0,098$	0,991

^{a)} označení variant jako v tab. I.

^{b)} v — průměr denních hodnot radioaktivity $^{14}\text{CO}_2$ v % radioaktivity vneseného $^{14}\text{C-2, 4-D} \pm \text{s. d.}$

^{c)} r — korelační koeficient linearity kumulativních hodnot tvorby $^{14}\text{CO}_2$ v uvedeném časovém rozmezí

^{d)} vzorky inkubovány při teplotě 28°C

jů na rozkladný proces, ať už jde např. o jevy typu kometabolismu (Kunc a Rybářová, 1983a) nebo o změnu v populační dynamice. Strmější vzrůst rychlosti tvorby $^{14}\text{CO}_2$ ve vzorcích obohacených glukózou nebo směsí glukózy se síranem amonným může být důsledkem již zmíněného vyššího pomnožení mikroflóry v prvních dnech inkubace (Kunc a Rybářová, 1984).

Rozsah mineralizace 2- ^{14}C -2,4-D nebyl průkazně ovlivněn inkubační teplotou v rozmezí 10 až 28 °C ani přidáním zdrojů uhlíku a dusíku. Ve všech variantách bylo ve formě $^{14}\text{CO}_2$ nalezeno kolem jedné třetiny vnesené radioaktivity (tab. I). Toto zjištění je ve shodě s dřívějšími údaji (Kunc a Rybářová, 1983b) a nasvědčuje tomu, že metabolická dráha přeměn molekuly herbicidu nebyla teplotou ani přidavkem živin dotčena.

Ve vzorcích zeminy inkubovaných při 37 °C byl průběh mineralizace 2- ^{14}C -2,4-D podstatně odlišný oproti variantám z nižších teplot. Během 69 dnů inkubace nebyla pozorována exponenciální fáze. Tvorba $^{14}\text{CO}_2$ byla v jednotlivých obdobích procesu lineární, jak naznačují korelační koeficienty r , průměrná denní množství uvolněného $^{14}\text{CO}_2$ měla tendenci se během inkubace zvyšovat (tab. II). Přídavek zdrojů uhlíku a dusíku neměl v tomto případě na kinetiku tvorby $^{14}\text{CO}_2$ průkazný vliv (tab. II). Po 69 dnech inkubace v teplotě 37 °C, kdy mineralizační proces nebyl ještě ukončen, bylo na $^{14}\text{CO}_2$ převedeno celkem 14,9 % vnesené radioaktivity v kontrolní variantě, 16,2 % ve vzorcích obohacených glukózou a 14,2 % ve variantě s přidavkem glukózy a síranu amonného.

Exponenciální fáze procesu nastala během 20 dnů inkubace ani v případě, že vzorky byly přeneseny z původních 37 °C do teploty 28 °C, jež byla pro rozkladný proces podle předchozích zjištění optimální (tab. II). Lze se domnívat, že při teplotě 37 °C se na mineralizaci 2- ^{14}C -2,4-D podílela mikroflóra s jinými fyziologickými vlastnostmi, než tomu bylo při teplotách nižších. Tento předpoklad podporuje i zjištění, že teplota

III. Doba zdvojení (D. T.) mineralizační aktivity v exponenciální fázi tvorby $^{14}\text{CO}_2$ z druhé dávky 2- ^{14}C -2,4-D přidané k zemině — The doubling time (D. T.) of the mineralization activity in the course of the exponential phase of the second dose of 2- ^{14}C -2,4-D added to the soil

Teplota inkubace (°C)		D. T. (dny)		
s 1. dávkou 2,4-D	s 2. dávkou 2,4-D	substrát ^{a)}		
		C	G	GN
10	10	2,80 ^{b)}	2,25 ^{b)}	—
10	28	0,73	0,81	0,76
19	19	0,31	0,34	0,39
19	37	0,39	0,50	0,42
28	28	0,41	0,34	0,42
28	10	1,86 ^{b)}	1,36 ^{b)}	1,46 ^{b)}

^{a)} označení variant jako v tab. I.

^{b)} exponenciální fáze tvorby $^{14}\text{CO}_2$ trvala 8 dnů, ve všech ostatních případech 2 dny

ta 37 °C nebránila v intenzivním rozkladu druhé dávky herbicidu mikroflóry, která se vyvinula v průběhu předchozí inkubace zeminy při 19 °C (tab. III). Stejná tabulka přináší údaje o době zdvojení mineralizační aktivity při degradaci druhé dávky herbicidu přidané k zemině po ukončení primární oxidace dávky první. Je z nich zřejmé, že ve všech případech bylo nahromaděné společenstvo mikrobiálních rozkladačů schopno bezprostředně bez lag-fáze herbicid atakovat a mineralizovat rychlostí podstatně vyšší, než jak tomu bylo při degradaci první dávky (srov. údaje v tab. I). Při přenosu vzorků do teplot suboptimálních byla rychlost procesu snížena (např. u variant přenesených z původních 28 do 10 °C nebo z 19 do 37 °C) a naopak zvýšena, byla-li zemina přenesena z 10 do 28 °C. Průkazný stimulační účinek zdrojů uhlíku a dusíku vnesených současně s druhou dávkou herbicidu na rychlost tvorby $^{14}\text{CO}_2$ byl pozorován pouze ve variantách inkubovaných při teplotě 10 °C. Zde byl proces mineralizace herbicidu pomalejší a tyto substráty se mohly uplatnit při dalším rozvoji společenstva rozkladačů.

Literatura

- AUDUS, L. J. (ed.): The physiology and biochemistry of herbicides. London — New York, Academic Press 1964.
- DEMARCO, J. — SYMONS, J. M. — ROBECK, G. G.: Behavior of synthetic organics in stratified impoundments. J. Amer. Water Works Assoc., 59, 1967, s. 965.
- GORING, C. A. I. — LASKOWSKI, D. A. — HAMAKER, J. W. — MEIKLE, R. W.: Principles of pesticide degradation in soil. Environmental dynamics of pesticides. New York, Plenum Press (ed. HAQUE, R. — FREED, V. H.), 1975, s. 135-172.
- KUNC, F. — RYBÁŘOVÁ, J.: The effect of temperature on the mineralization of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil. Proceedings of D. Fehér Intern. Congr. Soil Biology, Sopron, 27.—29. August 1980 (ed. KECSKÉS, M.) (v tisku).
- KUNC, F. — RYBÁŘOVÁ, J.: Effect of glucose on the amount of bacteria mineralizing 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil. Folia Microbiol., 28, 1983a, s. 54-56.
- KUNC, F. — RYBÁŘOVÁ, J.: Mineralization of carbon atoms of ^{14}C -2,4-D side chain and degradation ability of bacteria in soil. Soil Biol. Biochem., 15, 1983b, s. 141-144.
- KUNC, F. — RYBÁŘOVÁ, J. — LASÍK, J.: Mineralization of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil simultaneously enriched with saccharides. Folia Microbiol., 29, 1984, s. 148-155.
- TORSTENSSON, L.: Role of microorganisms in decomposition. Interactions between herbicides and the soil. London, Academic Press (ed. HANCE, R. J.), 1980, s. 159-178.

Došlo dne 12. 6. 1984

KUNC, F. — RYBÁŘOVÁ, J. (Institute of Microbiology, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha): *Mineralization of ^{14}C -2,4-D in the Soil: Effect of Glucose and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ at Different Temperatures*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1115-1120.

At 10, 19 and 28 °C the evolution of $^{14}\text{CO}_2$ as a product of microbial degradation of 2- ^{14}C -2,4-D (50 µg/g) in samples of chernozem soil was of sigmoid character. The duration of the lag phase and the doubling time of the mineralization activity in the exponential period (D.T.) were reduced with an increasing temperature. The simultaneous addition of glucose (1 mg/g) to the soil caused a decrease of D.T. values, but did not reduce the lag phase. Introduction of ammonium sulphate with glucose (C:N = 5:1) had a similar but less pronounced effect. No exponential phase was observed during a 10-week incubation at 37 °C. $^{14}\text{CO}_2$ formation was also linear after the transfer of samples to 28 °C. The enrichment of the soil with C and N sources had no effect on the process in this case.

chernozem soil; ^{14}C -2,4-D; microbial degradation; $^{14}\text{CO}_2$ evolution; temperature; glucose; ammonium sulphate

Adresa autorů:

RNDr. František Kunc, CSc., RNDr. Jitka Rybářová, Mikrobiologický ústav ČSAV, Videná 270/1083, 142 20 Praha 4 - Krč

K. Kubista

KUBISTA, K. (Vysoká škola zemědělská, Praha-Suchbátov): *Dehydrogenázová aktivita v zavlažované půdě*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1121-1128.

V polním pokusu, pod vlivem přirozených srážek, a v halovém pokusu, při vyloučení přirozených srážek, jsme sledovali ve dvou tříletých cyklech vliv řízeného vláhového režimu, tj. závlah, podle graficko-analytické metody a impulsní závlahy na mikrobiální složku půdy vyjádřenou dehydrogenázovou aktivitou (DHA) při pěstování cukrovky, ječmene a pšenice. Zjistili jsme, že závlahy jsou intenzifikačním faktorem, jsou-li aplikovány podle potřeby rostlin. Závlahy zvyšují mineralizaci organických látek v půdě a tím v odebraných vzorcích zavlažované půdy je snížena hodnota DHA. Průkazné rozdíly metabolismu mikrobiálního společenstva půdy v průběhu vegetačního období pěstovaných rostlin jsme zjistili jen v případě, kdy množství aplikované vody bylo vyšší než dlouholetý průměr srážek.

dehydrogenázová aktivita půdy; závlahy; mineralizace organických látek

Dehydrogenázy jsou enzymy katalyzující přenos vodíku z oxidovatelného substrátu a jsou rozšířeny ve všech živých systémech. Aktivní dehydrogenázový komplex může být kritériem životních pochodů v buňce.

Dehydrogenázová aktivita (DHA) je jedním z ukazatelů rozsahu energetického metabolismu buněk. Substrátem dehydrogenace mohou být nejrůznější organické látky jako glycidy, organické kyseliny, aminokyseliny, alkoholy, huminové kyseliny apod. Vodík odštěpený v průběhu dehydrogenace může být předáván různým organickým látkám s nenasyčenou vazbou nebo vzdušnému kyslíku. Dehydrogenační reakce jsou rozšířeny u mikroorganismů více než respirace. Proto Lenhard (1956) navrhl využít DHA jako nepřímé měřítko četnosti a aktivity mikroorganismů v půdě. Princip metody měření DHA spočívá ve využití bezbarvého TTC (trifenyltetrazolium chlorid) jako akceptoru vodíku aktivovaného při dehydrogenačních reakcích. Redukce TTC je indikována tvorbou červeného TTF (trifenyltetrazoliumformazán). TTF je rozpustný v organických rozpouštědlech. Koncentrace TTF se měří fotometricky při 485 nm. V uplynulých 28 letech byla metoda několikrát modifikována (Stevenson, 1959; Galstjan, 1974; Schaeffer, 1963; Casida et al., 1964; Kozlov a Michajlova, 1965; Peterson, 1967; Chazijev, 1976; Glathe, Thalmann, 1970; Ross, 1971, 1972). Všechny metody vycházejí ze stejného principu. Liší se velikostí navážky zeminy, koncentrací zeminy, koncentrací TTC, způsobem neutralizace resp. stabilizace pH, množstvím přidaného roztoku, dobou inkubace, typem inkubačních nádobek, způsobem a stup-

něm odstranění kyslíku z reakčního prostředí, druhem extraktantu a způsobem měření. Dále je možno uvedené metody rozdělit na metody aktuální (bez přídavku organické látky jako donátoru vodíku) a metody potenciální (s přídavkem organických látek). Novák, Kubát (1972) prokázali, že nejproduktivnější z porovnávaných metod je metoda Thalmanova (1968). V porovnání s respirací, dosahuje produktivita DHA jen asi 9 % teoreticky možné hodnoty počítané z respirometrických hodnot (Novák, Kubát, 1972).

V předložené práci jsme použili upravenou metodu (Glathe, Thalmann, 1970) ke sledování dynamiky DHA v polním závlahovém pokusu.

MATERIÁL A METODY

STANOVENÍ DHA

Do válcovité skleněné nádoby (24/250) se zabroušenou zátkou vpravíme 10 g čerstvé zeminy prosáté sítí (2 mm). Zeminu zalijeme 10 ml 0,5% roztoku TTC v 0,1 M TRIS pufru. Do suspenze vhnáme 3 minuty plynný dusík. Jemný proud bublinek dusíku vhnáného dlouhou injekční jehlou suspenzi důkladně promíchá a nahradí vzduch inertním plynem. Parciální tlak kyslíku, který je alternativním akceptorem vodíku se tím sníží na minimum. Po probublání nádobku ihned hermeticky uzavřeme. Inkubujeme 20 hodin při 30 °C ve tmě. Test zakládáme ve třech opakováních. Do suspenze přidáme 50 ml směsi acetonu a CCl₄ (9:1), důkladně protřepeme a extrahujeme ve tmě 2 hodiny při 30 °C. Suspenzi filtrujeme skládacím filtrem střední hustoty. Čirý filtrát měříme na spektrálním fotokolorimetru PERKINS ELMER při 485 nm. DHA vyjadřujeme v mg TTF · 10⁻³.

POLNÍ POKUS

Sledování jsme prováděli v podmínkách polního pokusu na pozemcích katedry zemědělských soustav agronomické fakulty VŠZ Praha na experimentální závlahové základně v Mělníku-Hoříně. Genetický půdní typ je hnědozem černozemní, místy illimerizovaná. Matečný substrát je spraš na šterkopískové terase. Ornice je hluboká až velmi hluboká (29–34 cm). Obsah humusu 1,18–1,68 %, pH neutrální, V = 95,5–97,9 %, T 14,9–16,9 mval 100 g, dobrá zásoba drasla a fosforu.

Pokusná plocha leží v oblasti s teplým a suchým klimatem. Průměrné roční srážky jsou přes 500 mm, průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8 °C. Dlouholetý průměr měsíčních srážek a teplot ve vegetačním období uvádí tab. I.

Na pokusných pozemcích je od roku 1966 veden pravidelný pětihoňový osevní postup: ozimá pšenice, cukrovka, jarní ječmen, vojtěška, vojtěška (tab. II). Jednotlivé hony mají velikost ca 0,8 ha a jsou rozděleny na dvě základní varianty — nezavlažovanou a zavlažovanou. V rámci tohoto polního pokusu jsme sledovali v le-

I. Dlouholetý průměr měsíčních srážek a teplot ve vegetačním období (Hořín 1901—1950) — Long-term average of monthly precipitation and temperatures in the growing season (Hořín 1901—1950)

Měsíc	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Suma mm	Ø °C
Srážky mm H ₂ O	38	50	62	72	61	41	324	—
Teploty °C Ø denní	8,6	14,0	16,8	18,6	17,9	14,1	—	15

II. Polní pokus — DHA (10^{-3} mg TTF/10 g zeminy/20 hodin) — The field trial — DHA (10^{-3} mg TTF/10 g soil/20 hours)

Cukrovka 1977	12. 4.	30. 5.	27. 6.	8. 8.	29. 8.	26. 9.	31. 10.	$\bar{x}$	Relat.	
nezavlažovaná	903	228	816	743	232	604	697	604	100	
zavlažovaná	1034	219	520	730	176	546	740	566	94	
Ječmen 1977										
nezavlažovaný	1055	272	1187	965	—	—	—	869	100	
zavlažovaný	740	256	716	434	—	—	—	535	61	
Cukrovka 1978	4. 4.	3. 5.	29. 5.	3. 7.	30. 7.	29. 8.	2. 10.	13. 11.	$\bar{x}$	Relat.
nezavlažovaná	1145	800	922	937	640	371	543	370	716	100
zavlažovaná	900	764	615	1081	404	348	262	324	587	82
Ječmen 1978										
nezavlažovaný	521	995	763	737	537	—	—	—	710	100
zavlažovaný	515	722	900	781	404	—	—	—	664	94
Cukrovka 1979	10. 4.	14. 5.	11. 6.	2. 7.	30. 7.	4. 9.	2. 10.	6. 11.	$\bar{x}$	Relat.
nezavlažovaná	410	726	510	564	631	219	848	492	550	100
zavlažovaná	492	684	418	314	468	142	699	427	456	83
Ječmen 1979										
nezavlažovaný	602	832	510	559	578	—	—	—	616	100
zavlažovaný	435	657	425	399	628	—	—	—	509	83

III. Halový pokus — DHA (10^{-3} mg TTF/10 g zeminy/20 hodin) — The indoor trial — DHA (10^{-3} mg TTF/10 g soil/20 hours)

Pšenice 1981	6. 4.	20. 4.	4. 5.	18. 5.	1. 6.	15. 6.	29. 6.	20. 7.	$\bar{x}$	Relat.		
zavlažovaná GAM	686	915	1334	669	719	476	9085	1523	903	100		
Imp.	817	980	1160	541	618	461	1322	1232	891	98		
Pšenice 1982	6. 4.	20. 4.	4. 5.	18. 5.	31. 5.	15. 6.	30. 6.	13. 7.	27. 7.	$\bar{x}$	Relat.	
GAM	956	441	544	1465	856	503	1086	1236	644	859	100	
Imp.	1261	1180	512	1225	512	726	972	1278	437	900	104	
Cukrovka 1 - 1983	18. 4.	2. 5.	16. 5.	13. 6.	27. 6.	11. 7.	8. 8.	5. 9.	19. 9.	10. 10.	$\bar{x}$	Relat.
GAM	852	936	912	438	1122	1512	798	936	1320	1272	1009,8	100
Imp.	696	774	942	456	876	1338	750	606	1110	708	826	82

tech 1977—1979 vliv zavlažování na aktivitu půdních organismů na honech osetých cukrovou řepou odrůdou 'Dobrovická A' a jarním ječmenem odrůdou 'Korál'. Závlažový režim byl řízen podle graficko-analytické metody (GAM). Závlahy se aplikovaly dekádně (Kudrna, 1968; Slavík, 1971) po vyhodnocení srážek a teplot za dekádu.

POKUS VE VEGETAČNÍ HALE S VYLOUČENÍM Vlivu PŘÍROZENÝCH SRÁŽEK

Přírozené srážky byly vyloučeny zastřešením skleněnou střechou na vysoké ocelové konstrukci. Celá plocha haly o ploše 400 m² byla rozdělena na čtyři pravidelné parcely z nichž dvě byly zavlažovány metodou GAM a dvě impulsní metodou, tj. denně v malých dávkách (tab. III).

Ornice v hale je v přírodním spojení se spodinou, není tedy vyloučeno prosakování závlahové vody ani vztlínání podzemní vody.

Půda obsahovala 2,33 % C_{ox}, P 240 ppm, K 277 ppm, pH 6,86.

V předkládané práci je posouzeno období intenzivního růstu cukrovky a pšenice ve vegetačním období 1981—1983.

VÝSLEDKY

Dynamika dehydrogenázové aktivity půdy pod cukrovkou, ječmenem a pšenicí je uvedena v tabulce II a III.

V tab. II jsou uvedeny hodnoty polního pokusu, kde porovnáváme variantu nezavlažovanou, tj. variantu s přírodními srážkami a variantu navíc zavlažovanou metodou GAM. Z tabulky vyplývá, že ve všech letech byly průměrné hodnoty DHA za celé vegetační období v zavlažovaných variantách nižší než v půdě nezavlažované. Zavlažování je jedním z významných intenzifikačních faktorů. Vyrovnává nedostatek vody ve sledovaném období na úroveň potřebnou k dosažení maximálního výnosu, tím, že optimalizuje množství vody vzhledem k denním teplotám a požadavkům rostlin. Optimalizace množství vody je nejen ve vztahu k rostlinám, ale také k půdní mikroflóře.

V červenci 1977 byly provedeny tři závlahy k cukrovce v celkovém množství 89 mm. Červenec byl studený a srážkově normální, přesto tyto tři závlahy zvýšily výnos bulev cukrovky o 38 %. Dehydrogenázová aktivita byla v půdě zavlažované v průměru o 6 % nižší. Jarní ječmen byl 1. 6. 1977 zavlažen jednou dávkou 50 mm. Červen byl mimořádně vlhký a teplotně normální. Ve druhé a třetí dekádě června spadlo 235 % srážek. Toto přesycení vodou vedlo jak k výraznému snížení DHA o 39 %, tak i ke snížení výnosu zrna ječmene o 22 %.

V roce 1978 byly k cukrovce aplikovány tři závlahy v celkovém množství 99 mm, a to ve třetí dekádě června a v první a druhé dekádě srpna. Zavlažení vedlo ke zvýšení výnosu cukrovky o 68 %. DHA byla snížena o 18 %. Jarní ječmen byl zavlažen ve druhé a třetí dekádě června celkem 75 mm vody. Toto množství následovalo po mimořádně vlhkém květnu. DHA byla v půdě na zavlažované variantě snížena o 7 %. Výnos ječmene byl na zavlažované parcele o 15 % nižší.

V roce 1979 byla cukrovka zavlažována devětkrát. Jednotlivé dávky byly 22—45 mm. Celkem bylo k cukrovce v roce 1979 dodáno 312 mm vody, a to v první a druhé dekádě června, a v sedmi dekádách do konce srpna. Množství závlahové vody činilo 96 % množství vody, které průměrně naprší za celé vegetační období. DHA byla na zavlažované parcele nižší o 13 %. Výnos cukrovky byl zavlažováním ovlivněn

pozitivně o 59 %. Ječmen byl v roce 1979 zavlažován čtyřikrát. Celkové množství vody dodané od 14. 5. do 12. 6. činilo 114 mm a snížilo DHA o 17 %. Výnos ječmene byl na zavlažované parcele 5,12 t na ha a byl o 8 % vyšší než na parcele nezavlažované.

V tab. III jsou uvedeny výsledky pokusu, ve kterém bylo množství vody zcela řízeno — byly vyloučeny přirozené srážky, závlaha byla aplikována dvojím způsobem. Metodou GAM byly dekádně v kritickém období zavlažovány plodiny na úroveň optimální pro maximální výnos. Impulsní metoda zavlažování spočívala v každodenní aplikaci malých dávek vody. Oběma metodami bylo také dodáno odlišné množství vody. V pokusném roce 1981 a 1982 byla na celé ploše pěstována ozimá pšenice. V roce 1981 bylo metodou GAM v sedmi dávkách dodáno 180 mm vody a impulsní metodou 120 mm v době od dubna do sklizně. Dehydrogenázová aktivita, v průměru za celé období, nebyla prakticky ovlivněna. Podobně tomu bylo i v roce 1982 při pěstování ozimé pšenice. Množství závlahové vody bylo odlišné. Metodou GAM bylo aplikováno v pěti dávkách 250,9 mm, na ploše zavlažované impulsní metodou bylo aplikováno, včetně vyrovnávací dávky v březnu, 96,3 mm. Hlavní období impulsního zavlažování, řízeného samotnými rostlinami, proběhlo od 21. 5. do 29. 6. Hodnoty dehydrogenázové aktivity se opět podstatně nelišily. Rozdíl 4,8 % ve prospěch varianty s nižším množstvím aplikované vody není průkazný. Výnos zrna ve variantě zavlažované metodou GAM dosáhl 5,53 t na ha, byl o 14 % vyšší než výnos ve variantě zavlažované impulsní metodou.

V pokusném roce 1983 byla na této pokusné ploše, chráněné před přirozenými srážkami, pěstována cukrovka. Po doplnění zimní vláhky na obou variantách před setím, bylo metodou GAM aplikováno od 19. 4. do 1. 9. ve 13 dávkách 511 mm. Varianta zavlažovaná impulsní metodou obdržela 365,1 mm v malých dávkách v denním odstupu, což bylo 71 % množství vody aplikované metodou GAM. Výnos bulev cukrovky byl 49,7 t na ha na variantě zavlažované GAM a 47,4 t na ha na variantě zavlažované impulsní metodou. Rozdíl 4,7 % je ve prospěch varianty s vyšším množstvím aplikované vody. Rok 1983 byl nejteplejší ze všech sledovaných let. DHA byla v půdě zavlažované impulsní metodou nižší o 18 %.

DISKUSE

Výsledky práce potvrdily, že voda a tím i vlhkost půdy je jedním z nejdůležitějších ekologických faktorů jak pro růst a vytváření výnosů kulturních rostlin, tak pro biologickou aktivitu půdy. Voda se stává v současné době, při vysokém stupni chemizace, hlavním intenzifikačním faktorem. Závlahy odstraňující vláhový deficit v kritickém období růstu a vývoje rostlin vedou k dosažení maximálních, geneticky zakotvených výnosů rostlinného společenstva (Kudrna, 1979). Tím, že závlahy optimalizují podmínky pro činnost mikrobiálních společenstev v agroekosystému, mění historicky zakotvený poměr mineralizace a humifikace, a odrazí se bezprostředně ve výživě rostlin (Kubista, 1980). Závlahy zvyšují úroveň metabolismu mikrobiálního společenstva v půdě, což se projevuje vyšší produkcí CO₂ a tím i vyšší koncentrací CO₂ v půdním vzduchu (Kubista, 1977).

Dehydrogenázová aktivita nemůže vyjadřovat přímo počty mikroorganismů, protože různě staré buňky mají různou aktivitu (Peterson, 1967). Dehydrogenázová aktivita je úzce spojena s úrovní metabolismu mikrobiálního společenstva, protože množství formazánu, které je měřítkem DHA, je závislé na množství přeneseného vodíku z oxidovaného donátoru — organické látky na TTC. V půdě jsou ještě další akceptory vodíku, jako je NO_3^- , SO_4^{--} , kyslík apod. Produktivita použitých metod stanovení DHA (Glathe, Thalmann, 1970), je ve srovnání s jinými metodami nejproduktivnější a dosahuje však maximálně 9 % teoreticky vypočítaného množství přeneseného vodíku (Novák, Kubát, 1972). Přesto považují metodu za použitelnou pro hodnocení různého ošetření půdy. Výsledky dokazují, že dlouhodobě zavlažovaná půda má nižší DHA, což vyplývá ze zvýšeného metabolismu mikrobiálního společenstva půdy, zvýšené úrovně oxidace přístupných zdrojů energie. Ve vzorku odebraném ze zavlažované půdy zbývá méně oxidovatelného substrátu (Kubista, 1980).

Výsledky získané v podmínkách vyloučení přirozených srážek (halový pokus) ukazují, že nedosáhne-li aplikované množství vody hodnot blízkých dlouholetému průměru, nezvýší se metabolismus natolik, aby bylo možno zaznamenat odpovídající rozdíl v hodnotách DHA. Výsledky hodnotící vliv řízené závlahy na počty různých skupin mikroorganismů rovněž nedokázaly průkazné rozdíly (Leitgeb et al., 1982). V roce 1983 bylo k cukrovce na stejném pozemku aplikováno 511 mm vody, což je 157 % dlouhodobého průměru. Metabolismus mikrobiálního společenstva byl proto zvýšen, což vedlo k významnému snížení hodnot DHA o 18 % v zavlažované půdě.

Při aplikaci látek brzdících mikrobiální metabolismus (herbicidů) se osvědčila DHA jako měřítko rozsahu a doby inhibičního působení (Malikomes, 1981).

Literatura

- CASIDA, JR., L. E.: Microbial Metabolic Activity in Soil as Measured by Dehydrogenase Determinations. *Applied and Environmental Microbiology*, 34, 1977, č. 6, s. 630-636.
- CASIDA, L. E. — KLEIN, D. A. — SANTORO, T.: Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.*, 98, 1964, s. 371-376.
- GALSTJAN, A. Š.: O degidrogenezach počvy. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 156, 1964, s. 166-167.
- GALSTJAN, A. Š.: Fermentativnaja aktivnost počv Armeniji VIII. *Izdvo. Akastan*, Jerevan 1974.
- GLATHE, H. — THALMANN, A.: Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenasenaktivität (TTC-Reduction). 2. Mitteilung: Bestimmung der TTC-Reduction im Boden in Laboratoriumsversuchen. *Zbl. Bakt. Abt.*, II, 124, 1970, č. 1, s. 24-36.
- CHAZIJEV, F. H.: Fermentativnaja aktivnost počv. *Izdvo Naukaa*, Moskva 1976.
- KOZLOV, K. A. — MICHAJLOVA, E. H.: Degidrogenaznaja aktivnost nekotorych počv Vostočnoj Sibiri. *Počvovedenije*, 1965, s. 58-63.
- KUBISTA, K.: Vliv hlavních ekologických faktorů na změny koncentrace CO_2 v půdním vzduchu v zavlažovaných a nezavlažovaných podmínkách. In: *Sborník věd. konf. AŘ VŠZ Praha 26.—27. 9. 1977*, 3. sekce, s. 189-196.
- KUBISTA, K.: Změny mikrobiálních procesů v půdním profilu po závlahách a odvodnění s ohledem na stabilizační funkci meliorací v zemědělských soustavách. *Agromelio* 80, *Sborník z mezinárodního symposia Brno*, 3.—4. září *Agroplan ČSVTS*, 1980, s. 200-208.

- KUBISTA, K.: Aktywnosc dehydrogenaz w glebie i jej zaleznosc od systemu nawadniania. Polskie tow. gleboznawce, Prace Komisji Naukowych. Komisja Biologii Gleby, zeszyt III/27, 1982, s. 89-93.
- KUDRNA, K.: Graphisch-analytische Methode zur Festlegung und Steuerung einer differenzierten Beregnung bei Grossflächenberegnungssystemen. Z. Land., 9, Berlin, 1968, č. 3, s. 187-200.
- LEITGEB, S. — KLÍMA, M. — KUBISTA, K. — NOVÁKOVÁ, J. — ŠÍŠA, R. — RŮŽEK, L.: Aktivita mikroorganismů v půdě s optimální a kritickou vlhkostí v podmínkách halového pokusu katedry zemědělských soustav. [Dílčí záv. zpráva.] Praha, VŠZ 1982.
- LENHARD, G.: Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Mass für die Mikroorganismenaktivität im Boden. Z. Pfl.-Ernähr. Düng. Bodenkunde, 73, 1956, s. 1-11.
- MALKOMES, H. P.: Einfluss eines Zuckerrüben-Herbizids auf die Mikroflora verschiedener Böden im Laborversuch. I. Mikroorganismenpopulationen und Dehydrogenaseaktivität. Zbl. Bakt. II, 136, 1981, č. 6, s. 451-460.
- NOVÁK, B. — KUBÁT, J.: On the relation between dehydrogenase activity and CO₂ evolution in soil. Zbl. Bakt. Abt., II, 127, 1972, č. 3, s. 246-252.
- PETERSON, N. V.: Degidrogenazna aktivnost v počve kak projavlenije aktivnosti jejo mikroflory. Mikrobiologija, 36, 1967, č. 3, s. 518-525.
- ROSS, D. J.: Some factors influencing the estimation of dehydrogenase activities of some soils under pasture. Soil. Biol. Biochem., č. 3, 1971, s. 97-110.
- SCHAEFER, R.: Dehydrogenase activity as a measure of the global biological activity of soils. Ann. Inst. Pasteur, 105, 1963, s. 326-331.
- SLAVÍK, L.: Příspěvek k problému vyhodnocení metod řízení závlahového systému řepy cukrové. In: Sborník VŠZ, Praha, řada A, 1971, s. 95-109.
- STEVENSON, I. L.: Dehydrogenase activity in soils. Can. J. Microbiol., 5, 1959, s. 229-235.

Došlo dne 12. 6. 1984

КУБИСТА, К. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол): Дегидрогеназная активность в орошенной почве. Rostl. Výr., 30, 1984 (11): 1121-1128.

В полевом опыте под действием естественных осадков и в закрытом грунте — при исключении естественных осадков — в двух трехлетних циклах нами изучалось влияние управляемого режима орошения, т. е. орошения, по графико-аналитическому методу, и импульсного орошения на микробный компонент почвы, выраженный дегидрогеназной активностью (ДГА) при возделывании сахарной свеклы, ячменя и пшеницы. Нами было установлено, что орошения являются интенсификационным фактором, применяются ли по потребности растений. Орошения повышают минерализацию органических веществ в почве и тем самым в отобранных пробах оросительной воды значение ДГА понижено. Достоверные различия метаболизма микробного сообщества почвы во время вегетационного периода возделываемых растений нами были установлены только в том случае, когда количество примененной воды было большим по сравнению с многолетним средним значением осадков.

дегидрогеназная активность почвы; орошения; минерализация органических веществ

KUBISTA, K. (University of Agriculture, Praha-Suchdol): *Dehydrogenase Activity in Irrigated Soil*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11): 1121-1128.

A field trial, influenced by natural precipitation, and an indoor trial with the elimination of natural precipitation, were conducted to study the effect of controlled moisture regime (i. e. irrigation) in two three-year cycles on the microbial soil components expressed by dehydrogenase activity (DHA) in sugar-beet, barley and wheat growing. The graphico-analytic method and impulse-irrigation were used in the study. As found, irrigation is a good factor of intensification if used in keeping with the demands of the plants. Mineralization of organic substances in the soil is increased by irrigation, the DHA value decreases in the samples of irrigated soil. Significant differences in the metabolism of the microbial community of the soil during the growing season of the plants were found only in the cases when the rates of supplied water were higher than the long-term average of precipitation.

dehydrogenase activity in soil; irrigation; mineralization of organic substances

Adresa autora:

Doc. ing. Karel Kubista, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

J. Pokorná, S. Bönischová, J. Möllerová

POKORNÁ, J. — BÖNISCHOVÁ, S. — MÖLLEROVÁ, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Biologický efekt hnojení v různých agroekosystémech*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11) : 1129-1136.

Biologický efekt hnojení v agroekosystémech po jejich 15letém trvání je hodnocen biochemickými testy: respirometrickým a celulólytickým ve vztahu k nehnojené parcele černého úhoru. Přeměny organických látek jsou indikovány intenzitou rozkladu lehce využitelných bezdušíkatých látek (respirační aktivitou) a nesnadno rozložitelných organických látek (celulólytickou aktivitou). Agroekosystémem rozumíme určitou zemědělskou plodinu: cukrovku (organicky i minerálně hnojenou) a jarní pšenici (následné působení hnojení). Použitými biochemickými testy bylo zjištěno, že jednotlivé plodiny výrazně ovlivňují přeměny organických látek v půdě (pšenice výrazněji než cukrovka) a jsou významným zdrojem organických látek pro půdní biologické procesy. Půdní organická hmota obohacená organickými látkami statkových hnojiv zvyšuje bazální i potenciální aktivitu půdní mikroflóry a umožňuje rozsáhlou intenzitu biologických procesů v půdě. Sklizňové zbytky pěstovaných plodin působí obdobně jako statková hnojiva. Dlouhodobé pokusy prokázaly, že vedle změn krátkodobých podléhá půdní organická hmota změnám dlouhodobé dynamiky směřujícím k rovnovážnému stavu.

organická hmota; respirace; celulólytický test; statková hnojiva; cukrovka; pšenice

Agroekosystémy jsou pro lidstvo mimořádně významné. Poskytují největší část potravin, krmiv i surovin a tím jsou současně významným zdrojem chemické a biochemické obnovitelné energie. Práce člověka na orné půdě patří společně se zlepšováním možností a se stoupající intenzitou zemědělské výroby k těm činnostem, kterými se ekosystémy mění z roku na rok. Střídání plodin, hnojení, regulace vodního režimu, zpracování půd a další opatření vyvolávají změny v akumulaci i v množství vložené energie a její transformaci (Černý, 1981). Půdní mikroflóru musíme uvažovat jako složku tohoto ekologického systému (půda — plodina — mikroorganismy). Na záměrně vybraných agroekosystémech jsme se pokusili poznat a charakterizovat biologický efekt hnojení v půdě a získat informace, jak se liší jednotlivé agroekosystémy po 15letém trvání. Agroekosystém chápeme jako určitou plodinu: cukrovku (přímé organické a minerálně hnojení) a jarní pšenici (s následným působením hnojení) v osevním postupu.

MATERIÁL A METODY

Pro zhodnocení biologického efektu hnojení v různých agroekosystémech byl využit modelový dvouhonný osevní postup dlouholetého hnojařského pokusu, v němž se střídají cukrovka s jarní pšenicí. Je součástí soustavy dlouhodobých hnojař-

ských pokusů, které byly založeny v roce 1956 (Novák, 1960) a modifikovány v roce 1965 (Škarda, 1971). V podmínkách zjednodušeného osevního postupu (50 % obilovin, 50 % okopanin) jsou začleněny i parcely černého úhoru. Organicky i minerálně je hnojena pouze cukrovka. Množství statkových hnojiv odpovídá 30 t . ha⁻¹ čerstvé chlévské mrvy. Minerální NPK-hnojiva v dávce: 200 kg N, 80 kg P a 120 kg K na ha. Varianty pokusu: nehnojeno, hnojeno minerálně NPK, hnojeno hnojem, kompostem, kejdou skotu se slámou s minerálním přihnojením a bez minerálního přihnojení NPK (Pokorná et al., 1977, 1979).

Vzorky půd byly odebrány současně 11. 8. 1980 ke všem mikrobiologickým analýzám a biochemickým testům.

Způsob odběru vzorků a jednotlivých biochemických testů byl proveden podle zpřesněných metodik (Pokorná a Novák, 1981).

Výsledky jsme hodnotili souborem biochemických testů, které indikují metabolické přeměny uhlíku respirační aktivitou a celulólytickou aktivitou půdní mikroflóry (Pokorná a Novák, 1981).

Získané hodnoty vztahujeme k nehnojené parcele černého úhoru. Hodnota černého úhoru je rovna 100.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Základní dynamika mikrobiálních pochodů v pokusných parcelách úhorových a osévaných byla hodnocena bazální respirací. Její hodnoty jsou shrnuty v tab. I. Bazální respirace půdních vzorků černého úhoru jsou menší než respirace zemin půdy pod vegetací. Rozdíly jsou způsobeny organickými látkami rostlinného původu, které se dostávají do půdy při růstu rostlin i po jejich sklizni (Novák et al., 1963; Lande Cremer, 1976). Proto jsou tyto rozdíly větší na organicky nehnojených parcelách než na parcelách hnojených, zvláště v prvním roce působení hnojení.

Položíme-li bazální respiraci na úhorových parcelách rovnou 100, jsou hodnoty pro osévané stejně hnojené parcely větší než 100 (tab. II). V prvním roce působení hnojení bylo dosaženo nejmenšího zvýšení bazální respirace vlivem plodiny na parcelách hnojených kejdou a slámou, největšího ve variantách s minerálním přihnojováním. Půdní vzorky parcel minerálně hnojených a minerálně přihnojovaných mají vyšší bazální respiraci pod plodinou ve srovnání s úhorovými parcelami po přímé

I. Bazální respirační aktivita mikroflóry (mg CO₂ . 100 g⁻¹ . h⁻¹) — The basal respiration activity of microflora (mg CO₂ per 100 g/h)

Hnojení		I. trať		II. trať	
organické	minerální	černý úhor	cukrovka	černý úhor	jarní pšenice
0	0	0,488	0,727	0,324	0,618
0	NPK	0,541	0,763	0,367	0,711
Hnůj	0	0,700	0,844	0,388	0,709
Hnůj	NPK	0,587	0,810	0,408	0,766
Kompost	0	0,612	0,803	0,339	0,784
Kompost	NPK	0,626	0,829	0,346	0,716
Kejda + sláma	0	0,857	0,774	0,347	0,828
Kejda + sláma	NPK	0,553	0,855	0,354	0,648

II. Relativní hodnoty bazální respirace — The relative values of basal respiration

Hnojení		I. trať		II. trať	
organické	minerální	černý úhor	cukrovka	černý úhor	jarní pšenice
0	0	100	149	100	191
0	NPK	111	156	113	219
Hnůj	0	143	173	119	295
Hnůj	NPK	120	166	125	236
Kompost	0	125	164	105	241
Kompost	NPK	128	170	107	221
Kejda + sláma	0	176	159	107	255
Kejda + sláma	NPK	113	175	109	200

aplikaci hnojiv. To je způsobeno tím, že statková hnojiva poskytují úhrové půdě organické látky v daleko menším množství než poskytují půdě pěstované plodiny. Ty jsou bohatým zdrojem organických látek rostlinného původu, které přicházejí do půdy (Novák et al., 1964; Jenkinson, 1977). Větších přírůstků bazální respirace vlivem plodiny bylo dosaženo pod porostem jarní pšenice. Varianta hnojená kejdou + slámou dosáhla na černém úhoru největšího zvětšení bazální respirace proti kontrole, kdežto v půdě pod cukrovkou bylo toto zvýšení ve variantě hnojené kejdou + slámou + NPK relativně zhruba na úrovni dalších variant hnojených hnojem a kompostem.

Je patrné, že vliv plodiny a organického hnojení jsou z hlediska udržení dynamiky a rytmu přeměn látek v půdě vzájemně nezastupitelné. Plodina působí na dynamiku půdních procesů svými kořenovými exsudáty a odumírajícími částmi kořenového systému kontinuálně. Orga-

III. Relativní hodnoty mikroflóry vyrostlé na syntetickém živném médiu s minerálním dusíkem a glycidickým zdrojem uhlíku — The relative values of microflora grown on a synthetic nutrient medium with mineral nitrogen and a glycidic source of carbon

Hnojení		I. trať		II. trať	
organické	minerální	černý úhor	cukrovka	černý úhor	jarní pšenice
0	0	100	76	100	127
0	NPK	90	84	93	160
Hnůj	0	105	77	142	131
Hnůj	NPK	109	105	147	149
Kompost	0	110	76	137	191
Kompost	NPK	113	101	141	190
Kejda + sláma	0	107	79	150	122
Kejda + sláma	NPK	113	104	181	123

IV. Relativní hodnoty potenciální respirace G a NG — The relative values of potential respiration G and NG

Varianta	I. trať				II. trať			
	černý úhor		cukrovka		černý úhor		jarní pšenice	
	G	NG	G	NG	G	NG	G	NG
0	100	100	72	88	100	100	136	183
NPK	135	158	74	105	239	405	134	118
Hnůj	104	151	96	201	156	205	112	99
Hnůj + NPK	183	186	91	177	172	383	107	108
Kompost	100	116	99	81	192	281	115	125
Kompost + NPK	175	155	82	130	164	343	99	112
Kejda + sláma	103	155	80	112	134	253	100	103
Kejda + sláma + NPK	141	143	82	165	211	447	103	132

nické hnojení působí jednorázově. Sklizňové zbytky plodiny působí frekvenčně i kvantitativně obdobně jako organické hnojení. Ukazuje se, že plodiny jsou významnějším zdrojem organických látek pro půdní biologické procesy než organické hnojení. Současně se však ukazuje (tab. II), že plného biologického efektu se dosahuje pouze při organickém hnojení zemědělsky využívaných půd, a to jak u okopanin, tak u obilovin (Pokorná et al., 1977; Pokorná, 1979).

Minerální hnojení způsobuje na černém úhoru pokles počtu mikro-bů (tab. III). Tento jev jsme pozorovali již dříve (Pokorná a Novák, 1971). Varianta hnojená průmyslovými hnojivy měla v průměru

V. Relativní hodnoty celulólytické aktivity půdní mikroflóry C_B a potenciální celulólytické aktivity C_N — The relative values of the cellulolytic activity of soil microflora C_B and potential cellulolytic activity C_N

Varianta	I. trať				II. trať			
	černý úhor		cukrovka		černý úhor		jarní pšenice	
	C_B	C_N	C_B	C_N	C_B	C_N	C_B	C_N
0	100	100	77	66	100	100	149	128
NPK	168	106	70	77	240	163	200	129
Hnůj	108	104	104	82	206	154	107	127
Hnůj + NPK	204	105	65	88	205	156	117	141
Kompost	195	109	81	69	154	130	106	123
Kompost + NPK	225	116	82	85	176	153	109	136
Kejda + sláma	103	128	65	78	156	131	105	120
Kejda + sláma + NPK	171	136	85	89	208	136	120	147

92 % počtu mikrobů varianty kontrolní. U osévaných parcel je tento vztah obrácený pouze v půdních vzorcích pod jarní pšenicí. Vlivem NPK-hnojení se zvýšil počet mikrobů na 160 %. Ve všech případech nejvíce zvětšilo počet mikrobů hnojení statkovými hnojivy. Nárůst množství mikrobů ve srovnání s kontrolou je větší v půdních vzorcích pod pšenicí. To odpovídá jak největšímu množství organických látek, které jsou touto formou hnojení přivedeny do půdy, tak i dobré rozložitelnosti organických látek statkových hnojiv (Niese, 1971; Hattori, 1977; Novák, 1973).

V tabulce IV jsou uvedeny relativní hodnoty respirace po obohacení půdních vzorků glukózou. Organické hnojení zvětšuje intenzitu respirace na parcelách úhorových v porovnání s nehnojenou parcelou i v porovnání s parcelami s jarní pšenicí. Tato závislost se neprojevila u parcel s cukrovkou. Hodnoty ukazují na skutečnost, že organické látky pocházející z rostlin jsou rychleji využitelné než organické látky hnojiv. Tento vliv se projevuje v druhé trati výrazněji než v první, což dále potvrzuje diferenciální efekt relativně stabilizovaných organických látek statkových hnojiv ve srovnání s primárními organickými látkami.

Vztah potenciální respirace (po obohacení půdních vzorků uhlíkem a dusíkem) k různému hnojení je zaznamenán v tabulce IV. Minerální hnojení má na parcelách černého úhoru v první trati výrazný účinek na potenciální půdní respiraci. Tento vliv se zvětšuje ve druhé trati. Potenciální respirace je v souladu s výsledky bazální respirace. Shodně zobrazuje zvětšené množství dobře využitelných organických hnojiv. Přitom málo stabilizovaná nebo vůbec nestabilizovaná organická hnojiva (chlévkový hnůj, kejda) působí nejvýrazněji. V první trati se projevuje především vliv stabilizované primárně vnesené organické hmoty (kompost) a v druhé trati vliv plodiny (pšenice), s velkým množstvím organických látek, které pšenice zanechává v půdě v průběhu své vegetace (kořenové exsudáty, odumřelé kořenové vlášení).

Minerální hnojení zvyšuje potenciální respiraci. To naznačuje pravděpodobnost zvýšené mineralizace půdních organických látek i v půdě po použití průmyslových hnojiv. Výjimkou jsou parcely černého úhoru po bezprostředním hnojení kejdou. Kejda je tak pohotovým zdrojem rostlinných živin, že přírůstek minerálních hnojiv již respiraci nezvyšuje. V půdě pod plodinou však rostliny jednak odebírají živin, jednak odevzdávají do půdy značné množství organických látek, což oboje způsobuje výrazný vzestup potenciální (NG) respirace po použití průmyslových hnojiv i při základním vyhnojení půdy kejdou.

Z hlediska půdní úrodnosti je žádoucí, aby se obsah půdního humusu příliš neměnil (Novák, 1979; Parkinson, 1978). Nadměrná mineralizace uvolňuje mnoho živin, umožňuje rychlé získávání vysokých výnosů po několik let (Vömel a Döll, 1979). Porušují se tím však biologické poměry v půdě a zmenšuje se zásoba biogenních prvků v půdě.

Přeměna nesnadno rozložitelných organických látek v půdě je interpretována množstvím rozložené celulózy. Intenzita rozkladu celulózy v půdních vzorcích rozdílně organicky hnojených parcel je uvedena v tabulce V. Z uvedených hodnot je zřejmé, že položíme-li hodnotu nehnojené varianty černého úhoru rovnu 100, jsou všechny hodnoty ostatních hnojených variant černého úhoru v I. trati vyšší než 100. Samotná

statková hnojiva i současně s průmyslovými hnojivy výrazně zvýšila rozklad celulózy na všech hnojených černých úhorech. V půdních vzorcích hnojených parcel pod porostem cukrovky se projevilo snížení rozkladu celulózy. Zvýšená intenzita rozkladu celulózy byla zjištěna ve všech hnojených variantách pod jarní pšenicí. Rozdíl vlivu cukrovky a pšenice na celulózytickou aktivitu půdy lze vysvětlit specifickým substrátovým efektem. Cukrovka je typickou plodinou, která převádí malé množství svých asimilátů do celulózy, kdežto pšenice právě naopak, velmi rychle kondenzuje primární metabolit — glukózu jednak do celulózy jednak do škrobu. Tím je dán impuls pro rozmnožení specifické celulózytické mikroflóry.

Celulózytická mikroflóra organicky hnojených parcel reaguje zvýšenou metabolickou činností na přidavek dusíku (tab. V). I zde zůstává v podstatě zachována relace mezi relativním efektem pšenice a cukrovky na celulózytickou aktivitu půdy. Potenciální schopnost úhrové půdy je velká, hnojením dále stoupá a tento efekt se následným působením hnojení ještě zvětšuje. Vliv cukrovky se projevila depresivně na celulózytickou mikroflóru. Lze to vysvětlit jednostrannou preferencí mikrobů využívajících jednoduché glycidy, které rostou mnohem rychleji než mikroby celulózytické a tím celulózytickou mikroflóru inhibují v jejím rozvoji. V následném roce, pod pšenicí, dochází k určitému oživení celulózytické mikroflóry, ale úroveň potenciální intenzity rozkladu celulózy černého úhoru není dosaženo. Organické hnojení — jako zdroj celulózy — výrazně zvětšuje potenciální aktivitu celulózytické mikroflóry. Pozoruhodné je však zjištění, že podstatný, i když slabší efekt má i minerální hnojení. To svědčí o značné životnosti celulózytické mikroflóry v půdě, a to i v případě, kdy specifický substrát není pravidelně obnovován.

Literatura

- ČERNÝ, V.: Produkce biomasy a energie na orných půdách ČSR. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 4, s. 341-348.
- HATTORI, T.: Microbial habitat in soil. Jap. Agric. Res. Quarterly (JARQ), 11, 1977, s. 24-29.
- JENKINSON, D. S.: Studies on the decomposition of plant material in soil. J. Soil Sci., 28, 1977, s. 417-423.
- LANDE CREMER, L. C. N. de la: Étude de l'entretien de l'humus en sol non ou cultivé, avec ou sans fumier. (Groningen-Haren, 1910—1970.) Ann. Agron., 27, 1976, s. 791-801.
- NIESE, G.: On the abundance of bacteria and other microorganisms. In: Integrated Experimental Ecology. Ecological Studies 2. (Ed. ELLENBER, H.). Springer-Verlag Berlin 1971, s. 119-122.
- NOVÁK, B.: Relativní působení statkových i minerálních hnojiv na výnosy cukrovky. Rostl. Výr., 6, 1960, č. 1, s. 57-70.
- NOVÁK, B.: Vliv hnojení na dynamiku biochemických pochodů v půdě. In: Zvyšování úrodnosti půdy. Sborník referátů ze semináře v Piešťanech, 1973, s. 99-123.
- NOVÁK, B.: Vzaimootnošenija meždu organičeskim i mineralnym udobrenijami, vlijanie ich na počvu i urožaj. Tag. Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin, 1979, č. 162, s. 99-105.
- NOVÁK, B. a kol.: Vliv různých plodin v osevním postupu na dynamiku respirace půdních vzorků. Věd. práce VÚRV Praha-Ruzyně, 7, 1964, s. 85-94.

NOVÁK, B. — KOZOVÁ, J. — LÖBL, F. — APFELTHALER, R.: Vliv organických látek v různém stupni humifikace na mikrobiologické a biochemické pochody v půdě. Mikroflóra — Amonizace — Nitrifikace — Respirace. Rostl. Výr., 9, 1963, č. 7, s. 770-779.

PARKINSON, D.: Consumption and decomposition of organic residues in soil. Science Series Colorado State Univ., 1978, 26, s. 249-256.

POKORNÁ-KOZOVÁ, J.: Mikrobiální přeměny organických látek v půdě při různém organickém hnojení. Rostl. Výr., 25, 1979, č. 10, s. 1113-1121.

POKORNÁ-KOZOVÁ, J. et al.: Vliv organického hnojení na mikrobiální a biochemické přeměny v půdě. Rostl. Výr., 23, 1977, č. 9, s. 911-924.

POKORNÁ-KOZOVÁ, J. — NOVÁK, B.: Effect of manuring and fertilizing on soil microflora. In: Studies about Humus. Transact. Int. Symp. HUMUS et PLANTA V, Praha 1971, s. 81-86.

POKORNÁ, J. — NOVÁK, B.: Zpřesněná metodika biologického hodnocení půdy. [Záv. zpráva.] Praha-Ruzyň, VÚRV 1981.

ŠKARDA, M.: Vliv hnojení slámou na produktivnost půdy. Rostl. Výr., 17, 1971, č. 9, s. 917-927.

VÖMEL, A. — DÖLL, G.: Der Verbleib des Düngerstickstoffs bei kombinierter mineralisch-organischer Düngung. Landw. Forsch., 32, 1979, s. 237-249.

Došlo dne 12. 6. 1984

ПОКОРНА, Я. — БОНИШОВА, С. — МЭЛЛЕРОВА, Я. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузынь): Биологический эффект удобрения в разных агроэкосистемах. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1129-1136.

Биологический эффект удобрения в агроэкосистемах после их 15-летнего существования оценен биологическими тестами: респирометрическим и целлюлозолитическим по отношению к неудобренной делянке черного пара. Преобразования органических веществ проявлены интенсивностью разложения легкоиспользуемых безазотистых веществ (респираторной активностью) и трудноразлагаемых органических веществ (целлюлозолитической активностью). Под агроэкосистемой подразумевается определенная сельскохозяйственная культура: сахарная свекла (органически и минерально удобренная) и яровая пшеница (последствие удобрения). При помощи биологических тестов было установлено, что отдельные культуры резко обуславливают преобразования органических веществ в почве (резче пшеница, чем сахарная свекла) и считаются значительным ресурсом органических веществ для почвенных биологических процессов. Почвенная органическая масса, обогащенная органическими веществами местных удобрений, повышает основную и потенциальную активность почвенной микрофлоры и позволяет богатую интенсивность биологических процессов в почве. Многолетние опыты подтвердили, что наряду с краткосрочными изменениями почвенная органическая масса претерпевает изменения долговременной динамики, ориентирующие на равновесное состояние. органическая масса; респирация; целлюлозолитический тест; местное удобрение; сахарная свекла; пшеница

POKORNÁ, J. — BÖNISCHOVÁ, S. — MÖLLEROVÁ, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyň): *The Biological Effect of Fertilization in Different Agroecosystems*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1129-1136.

After a fifteen-year existence of agroecosystems, the biological effect of their fertilization was evaluated by biochemical tests (respirometric and cellulolytic) in relation to the unfertilized plot of black fallows. The transformations of organic substances are indicated by the intensity of decomposition of readily available nitrogen-free substances (respiration activity) and of hardly decomposable organic substances (cellulolytic activity). An agroecosystem is a cultivated crop: sugar-beet (organically manured and minerally fertilized) and spring wheat (subsequent action of fertilization). As found by the biochemical tests, the crops exert a marked influence on the transformations of organic substances in soil (the effect of wheat is higher than that of sugar-beet) and are an important source of organic substances for the biological processes taking place in the soil. The soil organic matter en-

riched with the organic matters of farmyard manure increases the basal and potential activity of soil microflora and contributes to the great intensity of biological processes in the soil. Harvest residues of cultivated crops have an effect similar to that of farmyard manure. It has been found on the basis of long-continued trials that, besides short-time changes, the organic matter of the soil undergoes changes in the long-term dynamics with a general tendency to the state of equilibrium.

organic matter; respiration; cellulolytic test; farmyard manure; sugar-beet; wheat

Adresa autorů:

RNDr. Jaroslava Pokorná, CSc., ing. Soňa Bönischová, RNDr. Jana Möllerová, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, 16106 Praha 6 - Ruzyně

VLIV ORGANICKÉHO A ORGANICKO-MINERÁLNÍHO HNOJENÍ NA ROZKLAD PŮDNÍ ORGANICKÉ HMOTY A VYUŽITÍ DUSÍKU

R. Apfelthaler

APFELTHALER, R. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Vliv organického a organicko-minerálního hnojení na rozklad půdní organické hmoty a využití dusíku*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1137-1143.

Na základě údajů o vstupech dusíku (hnoje, kompostu, kejdy a slámy použitých samostatně nebo s NPK-hnojiv), výstupech v odběru cukrovkou (bulvy + chrást) a jarní pšenici (zrno + sláma) byla pomocí distribučních koeficientů sestavena bilance dusíku a porovnána s dlouhodobým trendem změn celkového dusíku v půdě. Přihnojení NPK-hnojiv vedlo k vyšší retenci dusíku při základním hnojení hnojem a kejdou + slámou a zvýšení ztrát půdního dusíku při současné aplikaci stabilizovaných organických látek (kompost). Ve dvouletém cyklu hnojení na hnědozemi hnojení 21 t hnoje, 21 t kompostu, 40 t kejdy skotu případně + 260 kg N-NPK nezajistila reprodukci půdní organické hmoty. Nejnižší ztráty ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) byly zjištěny na variantách hnůj + NPK (12,5), kejda + sláma + NPK (14), nejvyšší: kejda + sláma (100,5), kompost + NPK (76,5).

bilance dusíku; využití dusíku rostlinou; mineralizace; imobilizace

O využití rostlinných živin pro růst rostlin rozhoduje, kromě jiných faktorů, výše ztrát. Rozsah a směr mikrobiálních přeměn (imobilizace a remineralizace) jsou pro tvorbu forem dominujících ve ztrátových položkách rozhodující. Ztráty vyplavováním u dusíku jsou téměř výlučně spojeny s nitrátovou formou. O intenzitě vyplavování dále rozhodují kromě množství a intenzity srážek strukturní vlastnosti půdy, rozvoj kořenového systému, intenzita příjmu živin a vody rostlinou, redox potenciál, teplota a v neposlední řadě i forma vazby dusíku v hnojivech (Apltauer, 1976) a intenzita hnojení. Četné dále uvádějí vyšší hodnoty ztrát vyplavením u písčitých půd (do 20 %) než u hlinitých a jílovitých (1–8 %). Predikce ztrát dusíku jsou řešeny v matematických modelech (např. Burns, 1980a, b; Addiscott, 1977; Veen, 1977; Klír, 1983). Ztráty dusíku v plynné formě jsou odhadovány nepřímými metodami na 20–25 % dodaného dusíku a jsou v úzké korelaci s obsahem vodorozpustných forem uhlíku i celkovým obsahem organického uhlíku (Burford, Bremner, 1975).

V této práci byly využity literární údaje o ztrátách a vkladech z jiných zdrojů než z hnojiv (Smirnov et al. 1981; Slepíčka, 1974; Leithold, 1983; Vetter, 1973). Sestavená bilance dusíku byla konfrontována se změnami obsahu půdního dusíku podle lineární regrese závislosti na čase.

MATERIÁL A METODY

Dlouhodobý pokus s modelovým osevním postupem cukrovka — jarní pšenice byl založen v Ruzyni v roce 1965 (Škarda, 1971) na jílovitohlinité hnědozemí [$C_{ox} = 1,29\%$, $N = 0,12\%$, $pH(KCl) = 7,0$, $P = 66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $K = 188 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]. Parcely byly hnojeny v kombinaci organických a minerálních hnojiv (tab. I). Obsah dusíku v půdě byl stanoven podle Kjeldahla na jaře a na podzim. Změny obsahu v průběhu 10 let byly vyhodnoceny regresní analýzou. Obsah živin v rostlinných produktech byl stanoven laboratorními zařízeními ZOL podle metod ÚKZÚZ. V práci jsou zahrnuty průměry za 6 let pokusu.

I. Schéma hnojení pokusu — Fertilization scheme of the trial

Varianta	Dávka $t \cdot ha^{-1}$ v rotaci	Živin $kg \cdot ha^{-1}$ v rotaci		
		N	P	K
1. nehnojeno	—	—	—	—
2. hnůj	21	84	20	83
3. kompost	21	82	24	93
4. kejda skotu +	40	152	33	140
+ sláma	3	13	3	24
+ minerální NPK k cukrovce		200	35	100
k pšenici		60	—	—

VÝSLEDKY A DISKUSE

Zvýšená intenzita hnojení vyvolává potřebu zhodnocení účinnosti hnojiv nejen z hlediska využití rostlinou, ale též v relaci se změnami organických látek v půdě. Systém organickominerálního hnojení zajišťuje jak základní požadavky výživy rostlin, tak i možnost reprodukce rozložené půdní organické hmoty, která se podílí významně na výživě rostlin dusíkem. Čistý zisk anorganického dusíku závisí na rychlosti mineralizace a imobilizace v půdě a jelikož se jedná o mikrobiální procesy, není lhostejné v jakém stupni stability organické látky do půdy přivádíme a jakým poměrem C:N se vyznačují. V bilanci jsme vycházeli z distribučních poměrů převodu zdrojů dusíku do rostlin (bulva + chrást, zrno + sláma), do půdní organické hmoty a ztrát (tab. II). Ostatním zdrojům dusíku tj. přívodu N-sloučenin srážkami a fixací vzdušného dusíku volně žijícími mikroorganismy, pro ruzyňské půdní a klimatické podmínky $12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Apltaufer a Mouchová, 1978) a $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Marečková, 1982) lze připsat stejnou využitelnost dusíku jako dusík v průmyslových hnojivech. Využitelnost N-hnojiv rostlinou v 2letém cyklu hnojení byla ohodnocena v tomto pořadí: NPK + ostatní zdroje (55 %), hnůj (45 %), kejda + sláma (21 %), kompost (20 %). Jedná se o hodnoty, které se v konkrétních podmínkách mohou lišit. Jejich ověření izotopicky značeným dusíkem nebylo provedeno.

Na nehnojené parcele lze posoudit základní mineralizaci půdní organické hmoty. Bilanční rozdíl mezi přijatým dusíkem rostlinou a vy-

II. Distribuce dusíku z různých zdrojů (základ = 100 kg N) — The distribution of nitrogen from different sources (basis = 100 kg N)

		Využití rostlinou	Imobilizace (půdní org. hmota)	Ztráty
NPK	1. rok	50	25	25
	2. rok	5	15	5
	celkem	55	15	30
Hnůj	1. rok	30	50	20
	2. rok	15	30	5
	celkem	45	30	25
Kompost	1. rok	15	70	15
	2. rok	5	60	5
	celkem	20	60	20
Kejda + sláma	1. rok	15	40	45
	2. rok	6	30	4
	celkem	21	30	49
Ostatní zdroje (srážky + biofixace)	1. rok	50	25	25
	2. rok	5	15	5
	celkem	55	15	30

III. Souhrnná bilance dusíku ($\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 2\text{r}^{-1}$ — 2letý cyklus hnojení) — A summarized balance of nitrogen (kg N per ha/two years — two-year fertilization cycle)

Organické hnojení NPK	0		Hn		Kompost		Kejda + sláma	
	0	NPK	0	NPK	0	NPK	0	NPK
1. zdroje	44	304	128	388	126	386	209	469
2. odběr rostlinou	133	252	170	337	154	334	173	321
3. imobilizace	12	57	37	82	61	106	62	107
4. ztráty zdrojů	10	85	31	106	27	102	90	165
5. příjem z půdy	111	90	110	137	116	156	116	124
6. mineralizace půdní kalk.	132	60	106	96	90	97	89	54
7. ztráty půdní skut.	135	92	83	25	77	153	201	28
Rozdíl (7–6)	+ 3	+ 34	– 23	– 71	– 13	+ 57	+112	– 26
Ztráty zdrojů $\left(\frac{4}{1} \cdot 100\right) \%$	23	28	24	27	21	26	43	35

užitelným dusíkem z ostatních zdrojů činil 111 kg (tab. III). Za předpokladu 50% účinnosti bylo tedy mineralizováno celkem 222 kg z čehož lze 15 % přičíst ztrátám (tj. 33 kg). Z ostatních zdrojů imobilizovaný podíl přispěl ke snížení ztrát půdní organické hmoty (12 kg). Výsledné ztráty půdního dusíku tedy činí:

odběr rostlinou : 111

ztráty P. O. H. = $\frac{111}{0,5} \cdot 0,15$: + 33

imobilizace z ost. zdrojů : - 12

132 kg N . ha⁻¹ . 2 r⁻¹ (řádek 5 v tab. III).

Toto vypočtené množství je v dobrém souladu s hodnotou zjištěnou na základě trendu změn celkového obsahu dusíku v půdě (tab. IV): 67,5 kg N ročně, tj. 135 kg ve dvouletém cyklu.

Po hnojení NPK činil požadavek na půdní dusík 90 kg. Předpoklad imobilizace v rozsahu 57 kg se jeví jako nadhodnocený o 50 %. Pak by ztráty ve výši 27 kg byly kompenzovány imobilizovaným podílem a zjištěná ztráta půdního dusíku (92 kg N na ha) by lépe odpovídala vypočtené hodnotě.

Hnojení hnojem o relativně vysokém reprodukčním koeficientu půdní organické hmoty (0,5 v prvním roce aplikace) přiměřenou mineralizací dává podmínky pro příznivou bilanci dusíku v půdě, které se zlepšuje při současném minerálním přihnojení. Ve variantě Hnůj byl zjištěn deficit dusíku 83 kg . ha⁻¹ . 2 r⁻¹, což je o 23 kg méně než vyplývá z bilance. Ve variantě Hnůj + NPK byl stav příznivější: vypočtená ztráta činila 96 kg, zjištěná 25 kg, tj. 12,5 kg dusíku ročně. Tato hodnota je nejnižší zjištěnou ztrátou, je však zřejmé, že dávkami 21 t hnoje a 260 kg dusíku nebylo v cyklu dosaženo vyrovnané bilance dusíku. Cykly mine-

IV. Trend změn obsahu půdního dusíku (N = mg 100 g⁻¹) v osevním postupu cukrovka, jarní pšenice (10 let) na hnědozemí v Praze-Ruzyni — The trend of changes in the content of soil nitrogen (N = mg per 100 g) in the rotation of sugar-beet, spring wheat (10 years) on gray-brown podzolic soil in Prague-Ruzyně

Varianty	Parametry funkce $N = ax + b$		Korelační koeficient	Roční ztráta z orniční vrstvy
	<i>a</i>	<i>b</i>		
			<i>r</i>	kg . ha ⁻¹
Nehnojeno	-2,25	156	-0,66 ⁺⁺	67,5
NPK	-1,54	156	-0,37	46,2
Hnůj	-1,39	155	-0,44	41,7
Hnůj + NPK	-0,42	151	-0,11	12,6
Kompost	-1,28	148	-0,60 ⁺	38,4
Kompost + NPK	-2,56	171	-0,63 ⁺	76,8
Kejda + sláma	-3,35	157	-0,76 ⁺⁺	100,5
+ NPK	-0,47	155	-0,16	14,1

ralizace a imobilizace jsou zde nejvýraznější jak lze usoudit z rozkolísaných hodnot obsahu dusíku a nízké hodnoty koeficientu korelace (tab. IV).

Ve formě kompostu přivádíme do půdy stabilizovanou organickou hmotu, jejíž přímý význam v uvolňování živin pro výživu rostlin je omezený. To je potvrzeno nižší hodnotou odběru dusíku ve srovnání s hnojem (170 — Hn, 154 — Kst) a vyšším požadavkem na půdní zdroje (110 — Hn, 116 — Kst). Jelikož lze předpokládat dvakrát účinnější převod organických látek kompostu do půdní organické hmoty, vyznívá bilance dusíku u hnojení kompostem příznivěji než u hnojení hnojem. Zjištěná hodnota ztrát $77 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 2 \text{ r}^{-1}$ je o 13 kg nižší než vyplynulo z bilance. Minerální přihnojení stimuluje mikrobiální aktivitu, což vede k zesílené mobilizaci a mineralizaci organických látek. Toto je potvrzeno výrazným deficitem půdního dusíku (kompost — 77 kg, kompost + + NPK — 153 kg). Odpovídá tomu i odběr dusíku rostlinou zvýšený na úroveň varianty Hn + NPK (334 kg).

Dusík v kejďe skotu představuje zdroj s vysokou intenzitou přeměn v půdě (Novák et al., 1974) a tudíž i možnosti ztrát, z nichž ztráty denitrifikací pro příznivé podmínky vyvolané přítomností dostupných organických látek jsou zvláště významné. Využití slámy k imobilizaci dusíku kejdy je účinné jen částečně. Jelikož poměr C : N v kejďe je blízký 5, fyziologický přebytek zdrojů dusíku indukuje rozklad látek s poměrem C : N vyšším (včetně půdního humusu C : N = 10) (Parnas, 1976). I když omezená využitelnost dusíku kejdy byla zohledněna v distribučních koeficientech, množství mineralizovaného dusíku (odběr rostlinou + ztráty) převýšilo početní odhad (89 kg) o 112 kg při vysoké průkaznosti trendu změn půdního dusíku. Odhadované ztráty zdrojů představují 43 % vkladů. Přihnojení NPK ke kejďe se slámou v celkové dávce 425 kg dusíku znamenalo již značné zatížení půdy, přičemž odběr rostlin se úměrně nezvyšoval a zůstal téměř na úrovni variant Hn + NPK a Kst + NPK. Při zvýšených ztrátách (165 kg) se zřejmě uplatnil déle působící efekt dusíku minerálních hnojiv při přeměnách slámy za stejného rozsahu převodu dusíku do půdní organické hmoty jako v ostatních organickominerálních variantách. Zvýšený rozsah mineralizace půdní organické hmoty vyvolaný kejdou byl do určité míry kompenzován dusíkem z minerálních hnojiv procesem, jehož podstatu s určitostí nelze zatím definovat. Trend ztrát dosáhl $14.1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ročně, nebyl však statisticky průkazný. I když z hlediska mineralizace humusu vyznívá tato varianta hnojení příznivě, je nutno připomenout, že ve srovnání s variantou Hn + NPK je celkové využití ve sledovaném modelovém osevním postupu 50 % okopanin, 50 % obilovin méně efektivní. Jelikož hlavní podíl ztrát z celkových 35 % lze přičíst ztrátám v plynné formě denitrifikací, je možné považovat tuto formu hnojení za vhodný způsob zhodnocení živin obsažených v kejďe.

Při hodnocení vlivu kejdy na reprodukci půdní organické hmoty ASMUS (1977) zjistil 60% účinnost ve srovnání s hnojem; v kombinaci se slámou a v dávce odpovídající stejnému množství organické hmoty považují Rauhe a Rehbein (1970, Kühn, 1970 — cit. Asmus — Hermann, 1977) oba způsoby hnojení za rovnocenné. Teoretické vysvětlení priming efektu (= indukovaný rozklad půdní organické hmoty) po vnesení substrátů s extrémním poměrem C : N (nižší nebo vyšší

než optimální 20—25) uvádí Parnas (1976) a lze jej využít při přeměně kejdy a slámy v půdě. Mineralizace půdní organické hmoty je ovlivněna formou organického hnojení a specifickým účinkem přihnojení NPK podle stupně stability organických látek. Ztráty půdního dusíku stoupaly v pořadí: hnůj + NPK, kejda + sláma + NPK, kompost, hnůj, NPK, nehnojeno, kompost + NPK, kejda + sláma.

Literatura

- ADDISCOTT, T. M.: A simple computer model for leaching in structured soils. *J. Soil Sci.*, 28, 1977, s. 554-563.
- APLTAUER, J.: Přeměna a pohyb dusíku průmyslových dusíkatých hnojiv v hnědé půdě. In: Intenzifikace rostlinné produkce v půdách s nižší úrodností. Lukavec 1976, s. 85-91.
- APLTAUER, J. — MOUCHOVÁ, J.: Přeměna N v půdě ve vztahu k půdně klimatickým podmínkám (ovlivněná inhibitorem nitrifikace). [Záv. zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1978.
- ASMUS, F. — HERRMANN, V.: Reproduktion der organischer Substanz des Bodens. (Fortschrittbericht). 1977 Akademie der Landw. wiss. DDR, Institut für Landw. Information und Dokumentation, Berlin.
- BURFORD, J. R. — BREMNER, S. M.: Relationship between the denitrification capacities of soil and total water soluble and readily decomposable soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 7, 1975, 6, s. 389-394.
- BURNS, I. G.: A simple model for predicting the effects of leaching of fertilizer nitrate during the growing season on the nitrogen fertilizer need of crops. *J. Soil Sci.*, 31, 1980, s. 175-185.
- BURNS, I. G.: A simple model for predicting the effect of winter leaching of residual nitrate on the nitrogen fertilizer need of spring crops. *J. Soil Sci.*, 31, 1980, s. 187-202.
- KLÍR, J.: Matematické modelování pohybu a přeměn dusíku v půdě. [Kand. dis. práce.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1983.
- LEITHOLD, G.: Die Berechnung von fruchtarten und ertrag orientierten Kennziffern für Bedarf der Böden an organischer Substanz am Beispiel der Zuckerrübe auf sandigem Lehmboden. *Arch. Acker-Pfl.-Bau Bodenkde.*, 27, 1983, č. 1, s. 59-67.
- NOVÁK, B. — POKORNÁ-KOZOVÁ, J. — APFELTHALER, R.: Einflüsse der Düngung mit Stroh und gülle auf die biochemische Vorgänge im Boden. *Zbl. Bakt.*, II, 129, 1974, s. 378-389.
- PARNAS, H.: A theoretical explanation of the priming effect based on microbial growth with two limiting substrates. *Soil Biol. Biochem.*, 8, 1976, s. 139-144.
- SLEPIČKA, J.: Vysoké dávky živin a jejich vyplavování v různých ekologických podmínkách. *Rostl. Výr.*, 20, 1974, č. 10, s. 1015-1023.
- SMIRNOV, P. M. — KIDIN, V. V. — IONOVA, O. N.: Balans azota pod različnými kulturami i jeho poteri v rezultate vymyvanija. *Agrochimija*, 1981, č. 10, s. 3-10.
- ŠKARDA, M.: Vliv hnojení slámou na produktivnost půdy. *Rostl. Výr.*, 17, 1971, č. 9, s. 917-927.
- VEEN, J. A. von: The behaviour of nitrogen in soil. A computer simulation model. Diss. ITAL, Wageningen, Netherlands 1977.
- VETTER, H.: Mist und Gülle, Frankfurt/M, DLG Verlag 1973.

Došlo dne 10. 4. 1984

АПФЕЛТАЛЕР, Р. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузыне): Влияние органического и органо-минерального удобрения на разложение почвенной органической массы и использование азота. *Rostl. Výr.*, 30, 1984 (11): 1137-1143.

На основе данных о внесении азота (навоз, компост, разбавленный навоз и солома, внесенные отдельно или вместе с NPK удобрениями) и выносе его сахарной свеклой (корни + ботва) и яровой пшеницей (зерно + солома) при помощи коэффициентов распределения был разработан баланс азота и сопоставлен с многолетним трендом изменения общего азота в почве.

Подкормка NPK-удобрениями вела к повышенному удерживанию азота при основном удобрении навозом и разбавленным навозом + соломой и к повышению потерь почвенного азота при одновременном применении стабилизированных органических веществ (компост). В двухлетнем цикле удобрения на буроземе внесение 21 т навоза, 21 т компоста, 40 т разбавленного навоза крупного рогатого скота + 260 кг NPK не воспроизвело почвенную органическую массу. Минимальные потери (кг/га в год) были установлены у вариантов навоз + NPK (12,5), разбавленный навоз + солома + NPK (14), максимальные — разбавленный навоз + солома (100,5), компост + NPK (76,5).

баланс азота; использование растением; минерализация; иммобилизация

APFELTHALER, R. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *The Effect of Organic Manuring and Organo-Mineral Fertilization on the Decomposition of Soil Organic Matter and on Nitrogen Utilization*. Rostl. Věr., 30, 1984 (11) : 1137-1143.

On the basis of the data on nitrogen inputs (manure, compost, slurry and straw used either separately or in combination with NPK fertilizers) and on nitrogen outputs through uptake by sugar-beet (roots plus tops) and spring wheat (grain plus straw), nitrogen balance was computed by means of distribution coefficients and compared with a long-term trend of changes in total soil nitrogen. Additional fertilization with NPK fertilizers resulted in a higher nitrogen retention at basal organic manuring with dung and slurry + straw, and in an increased level of soil nitrogen losses when stabilized organic matter (compost) was applied alongside the above-mentioned manuring substances. In a two-year cycle of manuring the gray-brown podzolic soil (21 t manure, 21 t compost, 40 t cattle slurry, and/or an addition of 260 kg N-NPK), no reproduction of the soil organic matter was guaranteed. The lowest losses (kg per ha/annum) were recorded in the manure + NPK and slurry + straw + NPK variants (12.5 and 14) and the highest losses were suffered in the slurry + straw and compost + NPK variants (100.5 and 76.5).

nitrogen balance; utilization by plant; mineralization; immobilization

Adresa autora:

Ing. Roman Apfelthaler, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Výběr z nových příspěvků

Ústřední zemědělské a lesnické knihovny

z oboru rostlinné výroby

Uvedené publikace je možné si půjčit osobně nebo písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Půjčovní doba: pondělí, úterý a čtvrtky od 9.00 do 16.30 hod., středa od 9.00 do 18.00 hod., pátek od 9.00 do 15.30 hod. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

Plante furajere perene.

D 74.431

Bucuresti, Editura academiiei Republicii socialiste Romania 1983. 351 s., tab. obr. (Trávy víceleté a jeteloviny víceleté — pěstování — příručka)

Povyšeniye produktivnosti kormovoj pašni i lugovykh ugodij.

D 74.204

Moskva, Moskovskaja sel'skochoz. akademija 1981. 146 s., tab. (Krmné rostliny — výnosy — zvyšování — vlivy / Pastviny — využití — zvyšování — sborník — SSSR)

MOREY, D. D. — MARCHANT, W. H. — BARNES, F. K. C 17.756/426

Small grain and ryegrass winter forage production in south Georgia.

Athens, Agric. exp. stations 1983. 10 s., 6 tab. Research report 426. (Obilniny krmné — píce — výnosy a jakost / Jílek vytrvalý — píce — výnosy a jakost — USA — Georgia jižní — výzkum)

Masličnyje i efiromasličnyje kul'tury.

D 74.354

Kijev, Urožaj 1983. 149 s., tab. (Olejníky a siličnaté rostliny — pěstování — příručka)

Podsolnečnik.

E 42.933

Kijev, Urožaj 1981. 175 s., 40 tab., 5 obr. (Slunečnice — pěstování — příručka)

STANOVENÍ ROZLOŽITELNÉ ČÁSTI HUMUSU V RŮZNÝCH PŮDÁCH ČSR

J. Kubát, E. Vrzáková

KUBÁT, J. — VRZÁKOVÁ, E. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ružyně): *Stanovení rozložitelné části humusu v různých půdách ČSR*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1145-1150.

U 11 půdních vzorků z různých půdních a klimatických podmínek ČSR jsme se pokusili odhadnout stabilitu humusu jednak biochemickou metodou (respiračním testem), jednak chemickou extrakční metodou (stanovení huminových kyselin a fulvokyselin). Získané výsledky ukázaly, že respirační test poskytuje mnohem spolehlivější a reprodukovatelnější údaje o stabilitě, resp. rozložitelnosti půdní organické hmoty než chemická extrakční metoda. V půdách černozemního typu jsou až dvě třetiny humusu ve formě huminu.

půdní humus; respirace půdy; složení humusu; stabilita půdní organické hmoty

Humus se považuje za jeden z hlavních faktorů půdní úrodnosti a dostává se do popředí zájmu zemědělců i řídicích orgánů. Široce se diskutují zejména problémy obsahu humusu v půdě, stability nebo změn obsahu v půdě, problémy kvality humusu, vliv intenzivní zemědělské výroby na obsah a kvalitu humusu.

Humus je ve srovnání s minerálními frakcemi méně stabilní složkou půdy. Podléhá neustálým přeměnám a část se ho mineralizuje až na CO₂, H₂O a popeloviny. Mineralizační koeficient humusu v našich půdách se odhaduje na 1—2 % ročně [Welte, 1955]. K ještě významnějším úbytkům humusu může dojít v kyselých hnědých půdách s promyšleným vodním režimem, v nichž jsou nekondenzované nízkomolekulární organické látky vyplavovány do podzemních vod [Kolář, 1983]. Velké ztráty humusu nastávají také při erozních jevech. Tyto dva poslední procesy jsou velmi významné především v okrajových oblastech hospodaření na orné půdě. Ve většině orných půd produkčních oblastí mají hlavní význam procesy mineralizace humusu, a to jednak pro udržení vyrovnané bilance humusu a doplňování potřebných organických látek, jednak pro kalkulaci s rostlinnými živinami, které se během mineralizace humusu uvolní.

Na druhé straně je obsah humusu poměrně stálou hodnotou, charakteristickou pro jednotlivé půdní typy a lokality, která se po celá staletí podstatně nezměnila (pokud se dá soudit z různých nepřímých důkazů; přesná měření chybí). Pomocí ¹⁴C-analýzy bylo zjištěno, že stáří huminových kyselin v půdách naší klimatické a kulturně-historické oblasti je 1000—2000 let. Je možné, že některé součásti huminů, které se neextrahují při stanovení huminových kyselin mohou být ještě starší.

Obě tyto zdánlivě protichůdné vlastnosti půdního humusu, jeho dynamika a současně stabilita, se dají snadno vysvětlit. V půdě v přirozeném uložení se neustále vytváří tzv. dynamická rovnováha mezi organickými látkami, které vstupují do půdního ekosystému a látkami, které z tohoto systému vystupují (minerální látky, většinou v nejvyšším stupni oxidace). V půdním systému probíhá velké množství rozkladných a syntetických reakcí, jejichž rychlostní konstanty jsou pro jednotlivé reakce různé a jsou závislé (mimo jiné) na koncentraci látek do těchto reakcí vstupujících. Půdní organická hmota (humus) se skládá z velkého množství velmi různých organických molekul, většinou ve vysokém stupni kondenzace, při jejichž rozkladu vzniká ještě rozmanitější plejáda meziproduktů a všechny tyto organické látky jsou v různém stupni poutány na minerální (především koloidní) půdní frakci. Vyplývá z toho, že část těchto látek je poměrně rychle rozkládána půdní mikroflórou, část jich je v podstatě inertních (z důvodů komplikované chemické struktury nebo ochrany v interlamelárních prostorách jílových minerálů) a mezi těmito dvěma extrémy existuje plynulý přechod látek, jejichž rozklad probíhá menšími rychlostmi.

Podíl těchto snadno resp. nesnadno rozložitelných látek je v různých půdách různý a je zřejmé, že biologická aktivita, labilita humusu, ale i množství živin, které se uvolní během rozkladu humusu pro rostliny bude záviset především na množství snadno rozložitelných organických látek v půdě. Freytag a Igel (1968) to dokázali jednoduchým laboratorním pokusem: během inkubace dvou půdních vzorků v laboratoři za optimálních podmínek, z nichž jeden měl vysoký obsah humusu a druhý nízký, zjistili, že vzorek s vysokým obsahem humusu produkoval menší množství CO_2 než vzorek s nízkým obsahem humusu. Mineralizační aktivita byla tedy vyšší při nižším obsahu humusu. Většina humusu druhého vzorku příslušela do těžko rozložitelných nebo inertních frakcí.

I. Přehled použitých půdních vzorků a některých jejich vlastností — A survey of the soil samples and some of their characteristics

Vzorek	Půdní typ	Druh půdy	C_{ox} %	N_t %	C/N	pH
1 Tachov	HP	písek hlinitý	1,25	0,108	11,57	6,94
2 Cheb	OG	hlína jemně písčitá	1,49	0,137	10,88	6,80
3 Třeboň	HP(g)	písek slabě hlinitý	0,82	0,074	11,08	6,80
4 Kroměříž	ČM(d)	hlína písčitá	2,53	0,210	12,05	6,68
5 Strachovice	HP	písek hlinitý	1,68	0,126	13,33	6,96
6 Kostelec	HMg	hlína jemně písčitá	1,25	0,111	11,26	6,88
7 Hněvčevy	HMi	hlína	1,26	0,118	10,68	6,83
8 Humpolec	HPa	hlína písčitá	1,95	0,173	11,27	6,64
9 Pohořelice	ČM	hlína jílnatá	1,81	0,170	10,65	6,80
10 Ruzyně	ČMd	hlína jílnatá	2,18	0,147	14,83	6,00
11 Mysletín	HPa	hlína písčitá	2,33	0,213	10,94	6,34
12 Vysoké	HPp	hlína písčitá	3,00	0,256	11,32	6,30

Zdá se proto prakticky významné rozdělit půdní humus alespoň do dvou frakcí na humus rozložitelný a humus stabilní. Problém je stanovit zastoupení těchto jednotlivých frakcí v půdě. Některé z doporučených metod jsme ověřili v naší laboratoři a výsledky dvou z nich uvádíme v této práci.

MATERIÁL A METODY

Půdní vzorky byly odebrány z nulových parcel dlouhodobého pokusu v pokusných stanicích OVR, z hloubky 0–20 cm, které byly vysušeny při laboratorní teplotě a prosáty 2mm sítím. Některé vlastnosti těchto vzorků jsou uvedeny v tab. I.

Obsah a složení humusových látek jsme stanovili modifikovanou metodou podle Kononové a Belčikové (1961) popsané v pracovních postupech (Pokorná et al., 1980). V těchto pracovních postupech je popsán také respirometrický test. Prováděli jsme ho jednak po preinkubaci půdních vzorků po dobu 7 dní při teplotě 28 °C po ovlhčení destilovanou vodou na ca 80 % sušiny, jednak bez preinkubace dvě hodiny po ovlhčení na asi 80 % sušiny (800 g vzorku + 200 ml destilované vody).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Respirometrickým testem (Novák, 1965) lze stanovit celou řadu biologických a biochemických vlastností půdního vzorku, mimo jiné také stabilitu půdní organické hmoty. K tomuto stanovení se nejlépe hodí koeficienty NG/B a G/B. Stabilita půdní organické hmoty je reciproční hodnotou rozložitelnosti půdní organické hmoty, a tedy budou-li vzrůstat hodnoty těchto koeficientů, bude vzrůstat stabilita půdní organické hmoty. Budou-li klesat, bude vzrůstat rozložitelnost půdní organické hmoty.

II. Stabilita půdní organické hmoty indikovaná respirometrickým testem — The stability of soil organic matter as indicated by the respirometric test

Vzorek	Preinkubace		Bez preinkubace	
	NG/B	G/B	NG/B	G/B
1 Tachov	14,02	4,28	5,50	2,35
2 Cheb	18,80	7,49	13,96	3,75
3 Třeboň	3,50	1,95	4,91	1,98
4 Kroměříž	33,51	12,49	19,63	8,20
5 Strachovice	15,94	5,86	6,82	2,78
6 Kostelec	11,03	6,21	12,07	2,73
7 Hněvčeves	26,09	6,55	11,06	2,41
8 Humpolec	14,42	6,16	13,70	3,71
9 Pohořelice	37,16	7,74	25,68	5,32
10 Ruzyně	33,51	6,76	13,47	3,51
11 Mysletín	6,73	6,80	4,60	3,56
12 Vysoké	6,20	5,72	3,91	2,97

Hodnoty koeficientů NG/B a G/B jsou uvedeny v tab. II. Indikovaná stabilita půdní organické hmoty je větší po preinkubaci než bez preinkubace. To odpovídá skutečnosti, že během vysoušení část biomasy půdních mikroorganismů odumírá, mění se fyzikální vlastnosti půdního vzorku (pórovitost, fragmentace agregátů). Po opětovném ovlhčení je v půdě po určitou dobu zvýšené množství lehce rozložitelné organické hmoty (z odumřelé biomasy i původně stabilního humusu), které se během preinkubace mineralizuje. Pro odhad stability, resp. rozložitelnosti humusu v půdě jsou vhodné obě hodnoty (bez preinkubace i po preinkubaci). Hodnoty získané po preinkubaci více odpovídají stabilitě půdní organické hmoty v přirozeném uložení daného půdního vzorku. V hodnotách získaných bez preinkubace je zahrnuta reaktivní respirační rychlost, která závisí na množství odumřelé biomasy a nově uvolněných látkách, což samo o sobě lze považovat za měřítko množství lehce dostupných organických látek. Důkazem tohoto tvrzení jsou i těsné korelační koeficienty mezi oběma stanoveními (R 0,84 pro NG/B a R 0,90 pro G/B).

Největší stabilita půdní organické hmoty byla zjištěna u půdních vzorků z černozemí (Kroměříž, Pohořelice, Ruzyně), tj. u půd s relativně vysokým obsahem humusu. Nejmenší stabilita půdního humusu byla indikována jednak v podzolu z Vysokého, který měl současně nejvyšší obsah humusu (tab. I — hodnoty C_{ox} a N_t), jednak v písčité půdě z Třeboně, která měla nejnižší obsah humusu. Vidíme tedy, že není jednoduchý přímý vztah mezi celkovým obsahem humusu a jeho rozložitelnou částí.

Tyto výsledky jsme se pokusili podpořit analýzou složení humusu v těchto půdních vzorcích. Výsledky jsou uvedeny v tab. III. Obsah uhlíku v alkalickém výluhu tj. směsi huminových kyselin a fulvokyselin byl největší v půdě z Vysokého. U ostatních půdních vzorků se v podstatě nelišil a nevykazoval žádnou výraznou tendenci. Korelační koeficient ne-

III. Obsah a složení humusu — Humus content and composition

Vzorek	Alkalický výluh mgC/100 g	Podíl extrahovatelného humusu % C_t	$Q_{4/6}$	HK/FK
1 Tachov	659	52,7	4,5	0,64
2 Cheb	795	53,4	5,0	0,51
3 Třeboň	678	82,7	4,9	0,53
4 Kroměříž	802	34,86	4,5	0,64
5 Strachovice	705	41,96	5,4	0,43
6 Kostelec	468	37,44	4,8	0,55
7 Hněvčoves	570	45,2	4,3	0,71
8 Humpolec	784	40,2	4,3	0,71
9 Pohořelice	692	38,2	4,3	0,71
10 Ruzyně	660	30,3	4,2	0,74
11 Mysletín	1019	43,7	6,5	0,29
12 Vysoké	1224	40,8	5,8	0,37

přímého lineárního vztahu mezi respiračními koeficienty NG/B a G/B a obsahem uhlíku v alkalickém výluhu byl velmi nízký (0,25 resp. 0,24).

Zajímavý je procentický podíl extrahovatelných humusových látek z celkového uhlíku. Vidíme, že tento podíl ve stabilizovaných půdách černozemního typu je malý (30—40 %), zatímco v písčité půdě z Třeboně činí téměř 83 %. Korelační koeficient lineární regrese mezi respiračním koeficientem NG/B po preinkubaci a podílem extrahovaných humusových látek je $-0,55$.

Hodnoty barevného kvocientu $Q_{4/6}$ jsou poměrně vysoké, rozdíly mezi jednotlivými vzorky jsou velmi malé, avšak obvykle nižší hodnota $Q_{4/6}$ byla zjištěna u vzorků se stabilizovaným humusem. Totéž platí o poměru huminových kyselin a fulvokyselin, který jsme z barevného kvocientu vypočetli podle Pospíšila (1981).

Korelační koeficient lineární regrese mezi hodnotami barevných kvocientů a koeficientů NG/B preinkubovaných vzorků byl $-0,65$.

Respiračního testu i této zjednodušené metody stanovení kvality humusu se od minulého roku začíná užívat ve velkém měřítku, v různých oblastech naší republiky. I z této práce vyplývá, že výsledky zejména respirometrického testu velice užitečným způsobem doplní stanovení celkového obsahu humusu.

Literatura

- FREYTAG, H. E. — IGEL, H.: Mineralisierung und Humifizierung von applizierter Glukose und Rückwirkung auf die Zersetzung der organischen Bodensubstanz in den Proben einigen Parzellen der Danerversuche "Halle und Thyrow". 2. Humuszersetzung, Restkohlenstoffgehalte und Endbilanzierung. *Thaer-Arch.* 4, 1968, s. 327-340.
- KOLÁŘ, L. a kol.: Pohyb a tvorby N a P v půdně klimatických podmínkách oblasti Šumava z aspektu ochrany povrchových a spodních vod a lepšího využití živin rostlinami. [Záv. zpráva.] VŠZ Praha, PEF v Českých Budějovicích, 1983.
- KONONOVA, M. M. — BELČIKOVA, N. P.: Uskorennyje metody opredelenija sostava gumusa mineralnych počv. *Počvovedenije*, 10, 1961, s. 75-87.
- NOVÁK, B.: Využití biochemických testů v půdní mikrobiologii. [Doc. habil. práce.] Praha, VŠZ 1965.
- POKORNÁ, J. a kol.: Pracovní postupy biochemických a mikrobiologických testů. Praha-Ruzyně, VÚRV 1980.
- POSPÍŠIL, F.: Group- and fractional composition of the humus of different soils. *Trans. 5th Int. Conf. Soil Sci.*, Prague, 1981, s. 135-138.
- WELTE, E.: Fragen der praktischen Humus Forschung. *Deutsche Landw.*, 6, 1955, s. 433-438.

Došlo dne 10. 4. 1984

КУБАТ, Я. — ВРЗАКОВА, Э. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузыне): Определение разложимых частей гумуса в разных почвах ЧСР. *Rostl. Výt.*, 30, 1984 (11) : 1145-1150.

У 11 почвенных проб из разных почвенных и климатических условий ЧСР мы попытались установить стабильность гумуса как биохимическим методом (респираторный тест), так и химическим экстракционным методом (определение гуминовых кислот и фульвокислот). Полученные результаты показали, что респираторный тест дает более надежные и более воспроизводимые данные о стабильности, т.е. разложимости почвенной органической массы, чем химический экстракционный метод. В почвах черноземного типа почти 2/3 гумуса находится в форме гумина.

почвенный гумус; респирация почвы; состав гумуса; стабильность почвенной органической массы

KUBÁT, J. — VRZÁKOVÁ, E. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *Determination of the Decomposable Part of Humus in Different Soils of the Czech Socialist Republic*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11) : 1145-1150.

In eleven soil samples taken under different soil and climatic conditions of the Czech Socialist Republic, an attempt was made to estimate the stability of humus. Two methods were used for this purpose: biochemical (respiration test) and chemical extraction (determination of humic and fulvic acids). As suggested by the results, the respiration test yields much more dependable and reproducible data on the stability and/or decomposability of the soil organic matter, as compared with the chemical extraction method. The soils of chernozem type contain up to two-thirds of their humus as humin.

soil humus; soil respiration; humus composition; stability of soil organic matter

Adresa autorů:

Ing. Jaromír Kubát, CSc., ing. Eva Vrzáková, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha-Ruzyně

KVALITA PRŮMYSLOVĚ VYRÁBĚNÝCH KOMPOSTŮ A JEJICH POKRAČUJÍCÍ PŘEMĚNA V RŮZNÝCH PŮDNĚ-KLIMATICKÝCH PODMÍNKÁCH

F. Löbl, A. Štiková, V. Wagnerová, Kh. Rustam

LÖBL, F. — ŠTIKOVÁ, A. — WAGNEROVÁ, V. — RUSTAM, Kh. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Kvalita průmyslově vyráběných kompostů a jejich pokračující přeměna v různých půdně-klimatických podmínkách*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11) : 1151-1162.

Bylo hodnocena pokračující přeměna organických látek čtyř typů průmyslově vyráběných kompostů aplikovaných v odlišných půdně-klimatických podmínkách třech pokusných stanic VÚRV. Dva komposty byly připraveny z drce-ných tuhých domovních odpadů po přidavku čistírenských odpadních kalů nebo kejdy prasat, jeden z různých hnojivých odpadů po přidavku chlévské mrvy a jeden ze smrkové kůry po přidavku kejdy prasat, který byl současně do půdy aplikován v čerstvém stavu (obě suroviny byly smíchány před aplikací do půdy). Dosažený stupeň přeměny organických látek byl závislý na kvalitě substrátu zakládaných kompostů a mikrobiologicko-biochemické aktivitě v průběhu zrání. Vyzrálé komposty před aplikací do půdy obsahovaly 20,25—79,30 % organických látek v sušině, dosahovaly bazální respirace 5,5—16,4 mg CO₂/100 g suš.⁻¹ . h⁻¹, relativní respirace NG : B se pohybovala v rozmezí 1,4—8,0 a obsah N-NH₄⁺ v rozmezí 7,9—232,2 mg . 100 g suš.⁻¹. Bylo prokázáno, že pokračující přeměna různě stabilních organických látek aplikovaných kompostů závisí na půdně-klimatických podmínkách, mikrobiologicko-biochemické aktivitě půdy a zejména na množství fyziologicky dostupného dusíku. Dosažené výsledky potvrdily, že technologickým postupem výroby průmyslových kompostů je možné získat organické hnojivo se stupněm stability organických látek vhodným pro odlišné půdně-klimatické podmínky.

průmyslové komposty; organická hnojiva; mikrobiologicko-biochemická aktivita; přeměna organických látek

V návaznosti na rozsáhlá výzkumná hodnocení ošetřování statkových hnojiv zahájená v roce 1953 a zhodnocení jejich vlivu na vybrané půdní vlastnosti, zejména jejich organickou složku (Novák, 1963) bylo přistoupeno v roce 1963 k postupnému hodnocení vlivu různě ošetřených hnojivých odpadů a z nich vyrobených průmyslových kompostů. Dosažené výsledky potvrzují, že využitím hnojivých odpadů v zemědělství je možno zajistit účinnou a bezrizikovou recyklaci (Löbl, Wagnerová, 1983) výrobou průmyslových kompostů (Löbl et al., 1983).

Hodnocení průmyslově vyráběných kompostů bylo v minulých letech zaměřeno na surovinové skladby s obsahem tuhých domovních odpadů (Farkasdi, 1963; Hirscheidt, 1972; King, Moris, 1969; Löbl et al., 1970; Škarda, Zobač, 1977; Kuzmenkova, 1977; Gallardo-Lara, 1979; Haan, 1981) a stromové kůry

(Procházka, 1965; Rakušan, 1968; Löbl et al., 1971; Apalovič, 1973; Valdmaa, 1974; Bludňovský, 1975; Jurčová, Apalovič, 1980), které vytváří 40–60 % celkového výskytu tuhých odpadů (Löbl, Kumberec, 1983).

Účinná výroba průmyslových kompostů (Duchon, 1956; Löbl et al., 1984) a jejich uplatnění ve výživném režimu půdy (Novák, 1972; Löbl, Wagnerová, 1975; Löbl et al., 1975) bude záviset nejen na dosaženém stupni přeměny organických látek při jejich výrobě, ale i pokračující přeměně v půdě (Čížek, 1977; Škarda, Pařízek, 1975). Při tomto způsobu využití je třeba mít na zřeteli míru zátěže půdy cizorodými látkami (Sykes, Skinner, 1971; Yen, 1974; Odum, 1977; Parráková, Králiková, 1977; Hirschheydt, 1972; Löbl, Wagnerová, 1983).

MATERIÁL A METODY

Pro posouzení vztahu mezi kvalitou vyrobených kompostů a jejich pokračující přeměnou v odlišných půdně-klimatických podmínkách byly vyrobeny dále uvedené čtyři komposty (jsou označeny zkratkami). Kúrový kompost Štětí byl aplikován jako vyzrálý (ST-V) a čerstvý (ST-Č) připravený před zapravením do půdy. Surovinovou skladbu v procentech hmotnosti uvádí tab. I.

I. Surovinová skladba kompostů (procenta hmotnosti) — The raw material composition of composts (weight %)

Suroviny	Vyrobené komposty a jejich značení			
	K. Vary – KV	Údlice – UD	Štětí – ST	Smířice – SM
Drť tuhých domovních odpadů	44	50	—	—
Kapucín	—	20	—	—
Kal ČOV	—	25	—	—
Saturační kal	—	5	—	10
Řepné splaveniny	—	—	—	10
Chlévská mrva	—	—	—	30
Elektrárenský popílek	—	—	—	10
Smrková kůra	—	—	65	20
Kejda prasat	56	—	35	20

Polní srovnávací čtyřikrát opakované vegetační pokusy byly založeny na třech stanicích VÚRV. Pokusná stanice Humpolec: výrobní typ bramborářský, 544 m n. m., 665 mm srážek, průměrná teplota +7 °C, písčitohlinitá kyselá půda, pH_{KCl} 5,74, obsah P 84 mg a K 142 mg.kg⁻¹. Kostelec nad Orlicí: výrobní typ řepářský, 300 m n. m., 650 mm srážek, průměrná teplota +7,6 °C, hlinitá hnědozem slabě oglejená, pH 5,4, obsah P 96 mg a K 125 mg.kg⁻¹. Pohořelice: výrobní typ kukuřičný, 184 m n. m., 470 mm srážek, průměrná teplota +9,2 °C, hlinitá černozem, pH_{KCl} 7,28, obsah P 156 mg a K 205 mg.kg⁻¹. Obsah organických látek aplikovaných kompostů a jejich biochemická aktivita je uvedena v tab. II pod označením likvidace. Jejich mikrobiologická aktivita je uvedena v tabulce III. Uspořádání pokusu udává tabulka IV.

II. Biochemická aktivita v průběhu zrání sledovaných kompostů. Bazální respirace (B v mg CO₂ · 100 suš.⁻¹ · h⁻¹), relativní respirace (v číslech nepojmenovaných) a obsah N-NH₄⁺ (mg % suš.) — Biochemical activity during the ripening of the composts. Basal respiration (B in mg CO₂ per 100 g d. m. per h), relative respiration (in unnamed figures) and the content of N-NH₄⁺ (mg % of dry matter)

Ukazatel	Vrstva	Doba odběru	Komposty			
			KV	UD	ST	SM
Organické látky	Ø	start	33,46	23,24	82,20	23,11
	Ø	likvidace	24,18	21,94	79,30	20,25
B	3	start	121,9	48,0	55,1	43,2
		maximum	9,2	12,2	93,1	18,4
		likvidace	6,4	6,2	16,0	9,2
	9	start	112,5	50,5	18,8	21,0
		maximum	9,9	10,1	56,6	9,3
		likvidace	7,1	5,5	16,4	10,6
N : B	3	start	0,8	1,2	1,0	0,9
		maximum	1,1	1,2	1,6	1,1
		likvidace	1,1	1,4	1,8	1,0
	9	start	1,0	1,6	1,3	1,3
		maximum	1,5	1,2	1,0	1,2
		likvidace	1,1	1,5	1,3	1,2
G : B	3	start	2,0	2,2	3,1	1,6
		maximum	4,9	2,5	2,8	1,8
		likvidace	1,5	2,3	2,0	3,1
	9	start	1,7	1,5	2,3	1,5
		maximum	5,5	3,4	4,5	4,2
		likvidace	1,4	2,5	1,6	3,2
NG : B	3	start	1,1	1,9	3,9	2,5
		maximum	4,0	4,6	6,7	3,6
		likvidace	1,6	3,7	7,1	3,4
	9	start	1,3	2,0	4,8	4,7
		maximum	4,1	4,1	7,1	4,9
		likvidace	1,4	3,6	8,0	4,6
N-NH ₄ ⁺	3	start	224,6	161,7	297,7	107,2
		maximum	149,2	159,8	83,6	84,2
		likvidace	359,3	50,9	70,6	67,3
	9	start	231,1	145,6	35,2	92,3
		maximum	154,2	119,1	165,4	89,2
		likvidace	232,2	7,9	31,1	45,4

III. Změny bakteriální mikroflóry v průběhu zrání průmyslových kompostů (mil. g suš.⁻¹) — The changes in bacterial microflora in the course of the ripening of commercial composts (millions per g of d. m.)

Kompost	Vrstva	Doba odběru	MPA	Škrobový agar	Thorntonův agar	Jensenův agar	Aktino- mycety na škrobovém agaru	Aktino- mycety na Thorntonově agaru	Spóry na MPA
KV	3	start	180,1	5,1	52,7	14,1	—	0,0	1,7
		maximum	1265,6	367,9	706,4	5,5	117,7	16,3	45,6
		likvidace	437,6	83,1	379,2	0,3	2,9	0,0	21,9
	9	start	307,6	3,4	97,4	17,4	—	0,0	0,9
		maximum	1233,1	491,3	1233,1	5,3	69,9	72,2	27,5
		likvidace	311,3	59,4	84,9	0,1	1,4	0,0	28,3
UD	3	start	544,1	75,5	491,5	7,7	—	0,0	5,3
		maximum	2018,7	1080,1	2465,8	10,9	84,7	105,9	75,9
		likvidace	287,4	272,2	710,8	2,6	136,1	30,3	43,9
	9	start	526,9	24,6	509,4	6,1	0,0	0,0	1,8
		maximum	1842,6	817,4	1939,6	11,2	152,4	27,7	62,3
		likvidace	253,2	407,9	463,4	3,4	42,2	84,4	50,6
ST	3	start	11517,2	4669,6	7312,8	10,0	0,0	29,4	5,9
		maximum	976,7	583,1	862,9	21,9	139,9	46,6	25,7
		likvidace	504,4	1286,3	1109,7	10,8	25,2	0,0	5,0
	9	start	2303,9	3025,4	2699,6	17,9	—	0,0	0,7
		maximum	902,6	864,9	1065,6	9,1	49,0	50,1	11,3
		likvidace	639,8	751,0	584,1	7,2	55,6	27,8	11,1
SM	3	start	2847,9	774,4	1423,9	0,8	0,0	25,0	35,0
		maximum	2513,7	5749,1	5226,5	8,0	8,1	6,1	18,2
		likvidace	147,9	27,7	221,9	0,1	7,4	18,5	12,9
	9	start	5409,8	419,9	2368,2	0,5	116,1	23,2	16,3
		maximum	3790,9	5908,5	5176,5	4,2	3,1	6,1	13,8
		likvidace	259,5	100,6	63,3	0,1	12,9	1,6	19,5

IV. Schéma uspořádání pokusu — Experiment layout

Varianta	Označení	Organické hnojení		Průmyslová hnojiva			
		t. ha ⁻¹ OL	kg N. ha ⁻¹	před setím N kg. ha ⁻¹	při orbě		na list N kg
					P kg	N kg	
1	nehnojená kontrola	—	—	—	—	—	—
2	NPK	—	—	125	50	150	50+ 75++
3	kompost KV	6,73	239,1	125	50	150	50+ 75++
4	kompost UD	6,02	156,4	125	50	150	50+ 75++
5	kompost ST-Č	12,12	145,1	125	50	150	50+ 75++
6	kompost ST-V	12,12	145,1	125	50	150	50+ 75++
7	kompost SM	4,82	166,5	125	50	150	50+ 75++

OL — organické látky

+ u cukrovky na stanici Kostelec/Orlicí, Kroměříž

++ u kukuřice na zeleno na stanici Pohodělice

V průběhu zrání kompostů a po jejich aplikaci do půdy byly odebírány vzorky a hodnoceny změny zastoupení vybraných kultivačních skupin mikroorganismů (Kozová, Nováková, 1956), bazální (B) a potenciální respirace s dusíkem (N), glukózou (G) a s dusíkem a glukózou (NG) v mg CO₂/100 g suš./h (Novák, Apfelthaler, 1964). Dále amonizace v mg N-NH₄⁺/100 g suš. (Pokorná-Kozová et al., 1964), nitrifikace v mg N-NO₃⁻/100 g suš. (Löbl, Novák, 1964). Kvalita vyzrálých kompostů byla hodnocena podle ČSN 46 5735.

Odlišná surovinová skladba kompostů výrazně ovlivnila mikrobiologické a biochemické změny v průběhu jejich zrání a tím i jejich výslednou kvalitu. V průběhu zrání kompostů byly odebírány vzorky ze spodní části (označené jako vrstva 3) a vrchní části kompostové zakládky (vrstva 9).

Změny mikroflóry a biochemické aktivity vzorků odebraných v průběhu zrání jsou v příspěvku uvedeny pouze hodnotami na začátku zrání, maximální hodnotou za celou dobu sledování a hodnotou na konci zrání před aplikací do půdy.

VÝSLEDKY

Vývoj mikroflóry na začátku zrání (tab. III) se vyznačuje vysokým zastoupením bakterií na masopeptonovém agar (MPA), škrobovém a Thorntonově agaru u kompostové zakládky SM a ST a výrazně nižším u UD a KV. Tyto změny jsou ovlivněny přidanou chlévskou mrvou a kvalitní kejdou prasat jako zdrojů mikrobiologicky lehce rozložitelných organických látek. Potvrzuje to výrazně vyšší zastoupení bakterií rostoucích na škrobovém agaru u kompostů ST a SM. V průběhu zrání dochází k postupnému rozvoji mikroflóry i u dalších kompostů tak, že podle maximálních hodnot jsou mikrobiální změny nadále vysoké u kompostu SM, následující komposty UD a KV. U kompostu ST dochází s průběhem

zrání naopak k výraznému útlumu mikroflóry. Tyto změny mikroflóry jsou odrazem měnící se kvality substrátu, která u kompostů SM, UD a KV se dále mění a u kompostu ST se postupně snižuje v důsledku vyčerpání zdrojů mikrobiologicky lehce rozložitelných organických látek. Tuto skutečnost potvrzují nejnížší maxima a jejich nepatrné rozdíly mezi vrstvou 3 a 9 u kompostu ST.

Změny v zastoupení mikromycet na Jensenově agaru a aktinomycet na škrobovém a Thorntonově agaru potvrzují, že přeměna organických látek byla v krátké době ukončena u kompostu ST, u kompostů UD, KV a SM dále pokračuje, což potvrzuje i vysoké zastoupení spórotvorných mikroorganismů zejména u kompostů UD a KV.

S rozvojem mikroflóry a měnící se kvalitou substrátů jednotlivých kompostů dochází i k výrazným změnám jejich biochemické aktivity (tab. II). Na začátku zrání až na výjimku u kompostu KV je bazální respirace vysoká u kompostu ST, následují komposty UD a SM. Vyšší bazální respirace na konci zrání u kompostu ST potvrzuje prodlužující přeměnu obsažených organických látek, u kompostu SM ukazuje na postupné dokončení přeměny a u kompostů KV a UD svědčí o výrazném ukončení přeměny organických látek. Podle relativní respirace N : B a G : B kompost ST vykazuje větší nedostatek fyziologicky dostupných zdrojů C a N, následuje kompost UD a SM. Kompost KV vykazoval přebytek fyziologicky dostupných zdrojů dusíku (N : B). Obsah $N-NH_4^+$ ve vztahu k obsaženým organickým látkám se ve vyzrálých kompostech UD, ST a SM výrazně snižuje, KV naopak zvyšuje. Stabilita organických látek vyjádřená relativní respirací NG : B je u kompostu KV nejnížší a zvyšuje se od kompostu UD k SM a ST. Rozdílná kvalita těchto kompostů by se měla promítnout do pokračující přeměny organických látek po aplikaci těchto kompostů do půdy. Z rozsáhlého hodnocení odebraných vzorků na podzim po aplikaci kompostů a v období vegetace až do sklizně hlavní plodiny se potvrzuje, že aplikované komposty různým způsobem ovlivnily rozvoj mikroflóry a její biochemickou aktivitu. Při tomto hodnocení je navíc srovnávána účinnost čerstvého kompostu ST.

V. Vývoj bakteriální mikroflóry (mil. g suš.⁻¹) — The development of bacterial microflora (millions per g of d. m.)

Varianta	Humpolec			Kostelec n. Orl.			Pohořelice		
	MPA	ŠA	TA	MPA	ŠA	TA	MPA	ŠA	TA
Nehnojená kontrola	12,7	17,8	19,1	4,9	21,9	24,3	6,2	27,3	16,1
NPK	11,5	19,2	23,1	18,3	22,0	30,5	21,0	33,3	27,1
KV + NPK	10,1	29,2	22,9	27,2	22,3	19,8	13,9	23,9	11,3
UD + NPK	15,3	46,0	31,1	30,4	19,5	21,9	8,7	32,6	24,9
ST-Č + NPK	28,4	28,4	28,1	18,8	20,4	13,4	27,3	33,5	39,8
ST-V + NPK	17,9	19,2	32,0	15,6	20,4	27,2	27,5	31,3	37,6
SM + NPK	15,4	17,9	21,8	16,0	24,4	11,0	39,9	29,9	36,1

Pozn.: ŠA = škrobový agar, TA = Thorntonův agar

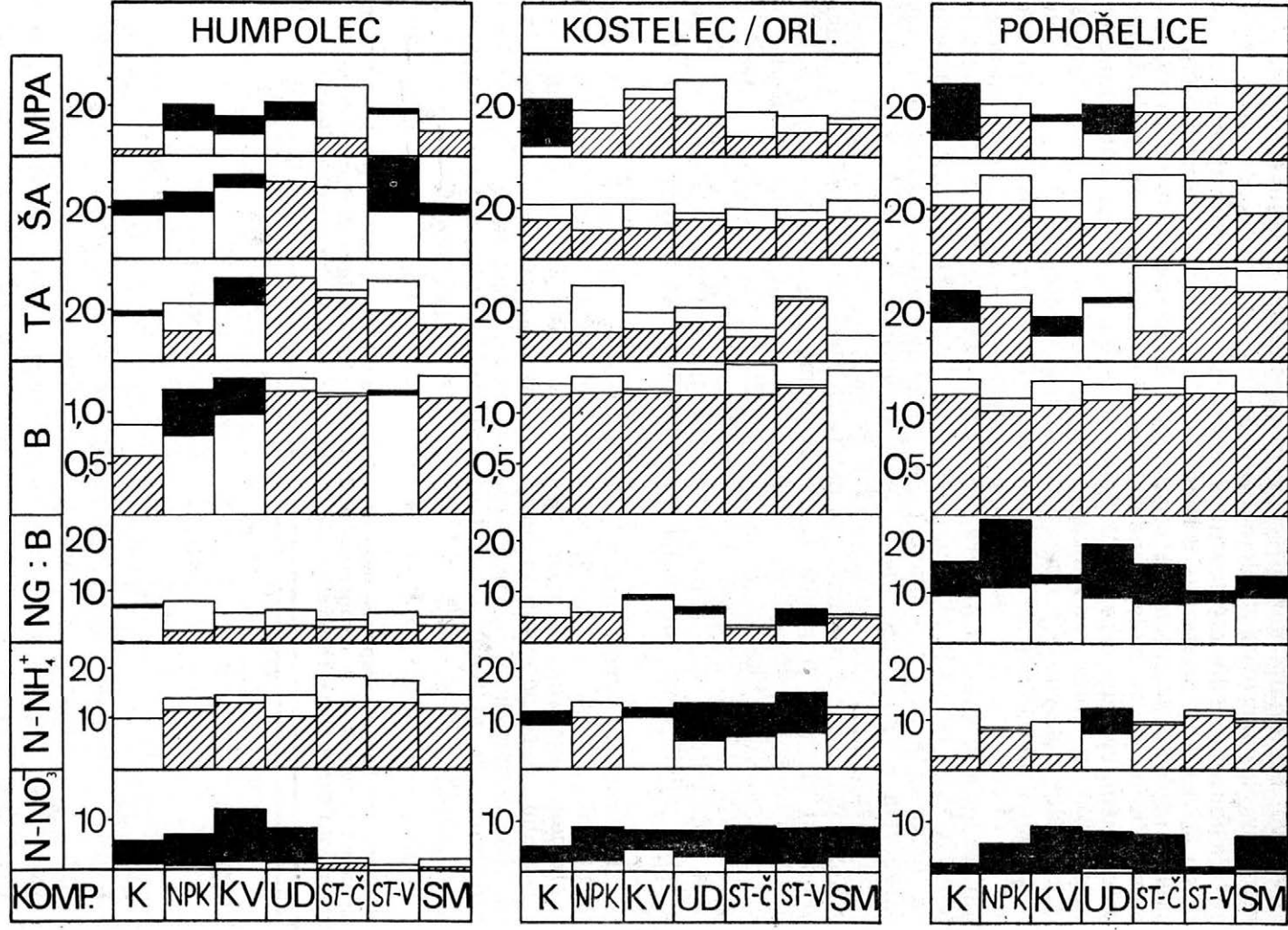
Vývoj bakteriální mikroflóry je bezprostředně po aplikaci v půdách jednotlivých pokusných stanic odlišný, jak dokládá tab. V (v mil./g suš.).

Zastoupení sledovaných kultivačních skupin bakterií, zejména bakterií na MPA a škrobovém agaru bezprostředně po aplikaci kompostů ukazuje na pokračující přeměnu organických látek ve srovnání se samotným NPK-hnojením. Nejvýraznější byla tato přeměna u zeminy z Humpolce, méně výrazná u zeminy z Pohořelic a Kostelce nad Orlicí. Rozdíly bakteriální mikroflóry dokládají, že zemina Humpolec má výraznou mikrobiální schopnost přeměny organických látek, méně již zemina z Kostelce nad Orlicí, přičemž zemina z Pohořelic tuto schopnost má jen ve vztahu k určité kvalitě zapravených organických látek, tj. uplatňují se spíše organická hnojiva, která mají větší obsah dosud nerozložitelných organických látek (komposty typu SM a ST). Zastoupení bakterií na Ashbyho agaru, mikromycet na Jensenově agaru, aktinomycet na škrobovém a Thorntonově agaru a spórotvorných na MPA tyto rozdíly v pokračující přeměně organických látek potvrzují. V orniční vrstvě v Humpolci dochází na rozdíl od ostatních sledovaných půd k rychlému ukončení přeměny organických látek, zejména u kompostů SM a UD. U ostatních kompostů aplikovaných v Kostelci nad Orlicí i Pohořelicích změny mikroflóry ukazují, že dochází k pozvolnější pokračující přeměně organických látek. V půdně-klimatických podmínkách Kostelce nad Orlicí a Pohořelic je vliv zapravených kompostů dlouhodobější s tím, že o míře jejich vlivu rozhoduje větší podíl rozložitelných organických látek.

Při srovnání vývoje mikroflóry s její biochemickou aktivitou (obr. 1) se potvrdilo, že v odlišných půdně-klimatických podmínkách dochází k přeměně zapravených organických látek jednotlivých typů kompostů v rozsahu, který odpovídá mineralizační nebo syntetické schopnosti dané půdy. Potvrzuje to uvedené srovnání bazální respirace (tab. VI) bezprostředně po aplikaci s relativní respirací NG : B na konci vegetace (B v mg CO₂/100 g suš./h, NG : B v číslech nepojmenovaných).

VI. Srovnání bazální respirace bezprostředně po aplikaci s relativní respirací NG : B na konci vegetace — A comparison of basal respiration immediately after application with the relative respiration (NG : B) at the end of the growing season

Varianta	Humpolec			Kostelec n. Or.			Pohořelice		
	B		NG : B	B		NG : B	B		NG : B
	zač.	max.		zač.	max.		zač.	max.	
Nehnojená kontrola	0,89	0,58	7,98	0,81	0,70	3,86	0,89	0,71	8,81
NPK	0,77	1,24	10,00	0,87	0,71	2,98	0,67	0,55	17,30
KV + NPK	1,00	1,35	9,11	0,75	0,72	3,20	0,83	0,60	13,31
UD + NPK	1,35	1,23	9,21	0,94	0,69	2,69	0,79	0,66	23,44
ST-Č + NPK	1,20	1,18	10,91	1,02	0,69	3,20	0,75	0,71	18,13
ST-V + NPK	1,19	1,21	11,08	0,79	0,78	2,92	0,88	0,72	12,83
SM + NPK	1,38	1,14	8,23	0,93	0,93	3,09	0,73	0,59	11,86



V půdně-klimatických podmínkách pokusné stanice Humpolec dochází k výrazné mineralizaci organických látek zvýšenou respirační schopností. Současně dochází k postupné přeměně a stabilizaci organických látek po aplikaci kompostů, které se vyznačují větším obsahem dosud nepřeměněných organických látek. S přihlédnutím k amonizaci, ale i potenciální respiraci G, jsou tyto změny zvýšené stability organických látek pozitivně ovlivňovány zvýšeným obsahem N-NH_4^+ . S postupnou přeměnou a stabilizací organických látek v půdním prostředí dochází k úměrnému zvýšení obsahu N-NH_4^+ a N-NO_3^- po celou dobu vegetace a tím se vytváří podmínky pro zlepšené zásobení této půdy dusíkem.

V půdně-klimatických podmínkách pokusné stanice Kostelec nad Orlicí aplikované komposty (ST-Č, UD, SM) způsobily nižší mineralizaci organických látek. Stabilita organických látek ve srovnání s NPK a kontrolní zeminou se výrazně snížila, což svědčí o jejich akumulaci v půdě. V důsledku toho došlo ke snížení obsahu N-NH_4^+ a N-NO_3^- , a tím i nižšímu zásobení půdy dusíkem.

V podmínkách pokusné stanice Pohořelice bylo zjištěno nejnižší ovlivnění biochemické aktivity po aplikaci sledovaných kompostů. Změny stability organických látek vyjádřené relativní respirací NG : B jsou ovlivněny více kvalitou aplikovaných kompostů než jejich pokračující přeměnou v půdě. V důsledku toho dochází k nepatrným změnám obsahu N-NH_4^+ a N-NO_3^- a tím i nízké účinnosti aplikovaných kompostů.

Dosažené výsledky potvrdily, v souladu se zjištěním Nováka (1956, 1971), Nováka, Löbla (1966), Löbla, Nováka (1965), že technologickým postupem výroby průmyslových kompostů je možné získat organické hnojivo s rozdílným stupněm přeměny organických látek, která by odpovídala půdněklimatickým podmínkám dané oblasti. Odpovídající úroveň ošetření organických hnojiv je tedy možné přispívat nejen ke zvýšení jejich agronomické účinnosti, ale i zvyšování úrodnosti půdy tak, jak zdůrazňoval Káš (1961) a jak B. Novák dokládá svým více než třicetiletým výzkumem, zaměřeným na půdní organickou hmotu a zvýšení její účinnosti v podmínkách současné zemědělské velkovýroby.

1. Vybrané ukazatele po aplikaci jednotlivých kompostů na sledovaných Pokusných stanicích VÚRV. Množství mikroorganismů na MPA, ŠA (škrobovém agaru), TA (Thorntonově agaru) v mil./g suš. Bazální respirace (B) v mg $\text{CO}_2/100$ g suš./h. Obsah N-NH_4^+ a N-NO_3^- v mg/100 g suš. Světlý sloupec reprezentuje výsledky na jaře. Výsledky zjištěné v létě jsou reprezentovány černým sloupcem při vyšších hodnotách a šrafovaným sloupcem při nižších hodnotách ve srovnání s jarními hodnotami — Selected parameters after the application of different composts at the Testing Stations of the Research Institute of Crop Production. The counts of microorganisms on MPA, starch agar (ŠA), Thornton agar (TA) in millions per g of dry matter. Basal respiration (B) in mg $\text{CO}_2/100$ g dry matter/h. N-NH_4^+ and N-NO_3^- contents in mg per 100 g dry matter. The empty column represents the spring results. The summer results are represented by the black column at higher values and by the cross-hatched column at lower values, as compared with the spring results

Literatura

- APALOVIČ, R.: Výskumné správy č. 47/73. Bratislava, Štátny drevársky výskumný ústav 1973.
- BLUDŇOVSKÝ, J.: Využití stromové kůry k výrobě kompostů. [Závěr. zpráva.] Štětí, SEPAP 1975.
- ČÍZEK, V.: Přeměny organické hmoty v závislosti na půdní vlhkosti. Recyklace organické hmoty, Ostrava 1977, s. 39-53.
- DUCHOŇ, F.: Průmyslové komposty, jejich historie a budoucnost. Za vysokou úrodu, 1956, č. 3, s. 53-54.
- FARKASDI, G.: Versuche über die Wirkung verschiedener Zusatzstoffe bei der Mietenkompostierung von Müll und Klärschlamm. Informationsblatt, XII, 1963, č. 19, s. 17-22.
- GALLARDO-LARA, F.: Poder retilizante de um „compost“ de barura urbana. I. Capacidad de suministre de macronutrientes. An. Edafol. Agrobiol., 38, 1979, č. 9/10, s. 1747-1764.
- HAAN, S. van de: Results of municipal waste compost research over more than fifty years at the Institute for Soil Fertility at Haren/Groningen, the Netherlands. Netherl. J. Agric. Sci., 29, 1981, s. 49-61.
- HIRSCHHEYDT, A. V.: Über die Bestimmung der mutmaselichen Absatzaussichten für Müll-Kompost als Voruntersuchungs Massnahme. I. A. M. Ibl., 1972, č. 26, s. 23-28.
- JURČOVÁ, O. — APALOVIČ, R.: Kompostovaná smreková kora ako organické hnojivo. Poľnohospodárstvo, 26, 1980, č. 4, s. 324-335.
- KING, L. D. — MORRIS, H.: Municipal compost for crop production. Georgia agric. Res., 10, 1969, č. 3, s. 10-12.
- KÁŠ, V.: Obohacování půd humusem. Praha, SZN 1961.
- KOZOVÁ, J. — NOVÁKOVÁ, J.: Metody ke zjištění mikrobiálních pochodů v chlévské mrvě uložené za studena a v kompostech. Rostl. Výr., 2, 1956, č. 2, s. 202-205.
- KUZMENKOVA, A. M.: Effektivität der Nutzung von Hausmüll als organischer Dünger und Biologischer Brennstoff. Naučnyje trudy. Akad. Kommun. Choz., 76, 1977, s. 72-84.
- LÖBL, F. — KOMBЕРЕC, S.: Stav a možnosti výroby průmyslových kompostů v ČSR. Úroda, 12, 1983.
- LÖBL, F. — NOVÁK, B.: Einflusseiner einmaliger Erwärmung des Kompostes auf den weiteren Verlauf der Verrottung. Informationsblatt, 22, 1964, s. 17-23.
- LÖBL, F. — NOVÁK, B.: Vliv organických hnojiv na výnosy plodin v různé klimatických a půdních podmínkách. Rostl. Výr., 4, 1965, č. 3, s. 397-408.
- LÖBL, F. — VÁŇA, J. — SALINGER, J.: Některé mikrobiologické a biochemické aspekty při souběžném kompostování smrkové kůry s některými hnojivými odpady a jejich vliv na výnosy pěstovaných plodin. I. celostátní konference „Směry zpracování a využití odpadové kůry“. Č. Budějovice, říjen 1971.
- LÖBL, F. — WAGNEROVÁ, V.: Stanovení rychlosti přeměny organických látek různé ošetřených kompostů z odpadů. [Záv. zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1975.
- LÖBL, F. — WAGNEROVÁ, V.: Vliv recyklace hnojivých odpadů na retenci organických látek, živin a vybraných prvků v půdě. Rostl. Výr., 29, 1983, č. 10, s. 1103-1112.
- LÖBL, F. — WAGNEROVÁ, V. — ŠTIKOVÁ, A.: Výsledky ověření využitelnosti tuhých domovních odpadů pro výrobu průmyslových kompostů po jejich úpravě na drticím zařízení Gondard. 1984 (v tisku).
- LÖBL, F. — WAGNEROVÁ, V. — ŠTIKOVÁ, A. — KOŠATKOVÁ, J.: The influence of differently treated solid town wastes on biochemical soil processes. Humus et Planta VI, Praha 1975.
- LÖBL, F. — ZOBAČ, J. — ŠTIKOVÁ, A.: Einfluss der unterschiedlich ausgereifter industriell hergestellter Komposte auf die Wachstumsfähigkeit und Ertrag von Mais in Topfvegetationsexperimenten. Informationsblatt, IAM, 1970, s. 86.
- LÖBL, F. a kol.: Výroba průmyslového kompostu Vitahum a jeho kvalita. Rostl. Výr., 29, 1983, č. 4, s. 439-446.
- NOVÁK, B.: Příprava a použití statkových kompostů. VÚRV 1956.
- NOVÁK, B.: Příspěvek k teorii mikrobiální tvorby humusu. [Doktorská dis. práce.] 1963.
- NOVÁK, B.: Microbial formation of humus. 4 Anaerobic and aerobic processes in humification of farmyard manure in model experiments. Zbl. Bact. II, 126, 1971, s. 48-62.

NOVÁK, B.: Výroba a použití organických hnojiv vyrobených z městských odpadů. *Organičeskije udobrenija Moskva*, 1972, s. 169-182.

NOVÁK, B. — APFELTHALER, R.: Příspěvek k metodice stanovení respirace jako indikátoru mikrobiologických pochodů v půdě. *Rostl. Vyr.*, 10, 1964, č. 2, s. 145-150.

NOVÁK, B. — LÖBL, F.: The complex effect of manures and fertilizers on the yields of crops. *Adv. Plant. Sci.*, 14, 1966, s. 161-172.

ODUM, E. P.: Základy ekologie. *Akademia, Praha* 1977.

PARRÁKOVÁ, E. — KRÁLIKOVÁ, K.: Recirkulácia odpadov kompostovaním pri dodržaní hygienických parametrov. In: *Sborník Košice* 1977.

POKORNÁ-KOZOVÁ, J. a kol.: Zur Methodik der Feststellung der Ammonifizierung in Bodenproben. *Zbl. Bakt. II*, 1964, s. 368-373.

PROCHÁZKA, O.: Kompostování kúry. *ZN* 1965.

RAKUŠAN, C.: Kompostování kúry. *Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe* 1968.

SYKES, G. — SKINNER, F. A.: Microbial aspects of pollution. *Academic Press London, New York* 1971.

ŠKARDA, M.: Efektivnost statkových a průmyslových hnojiv na hnědozemní řepařské oblasti. [Záv. zpráva.] *Praha-Ruzyně, VÚRV* 1970.

ŠKARDA, M. — PAŘÍZEK, V.: Vliv hnojení kejdou prasat na půdní úrodnost, koloběh živin a bilanci organických látek v zemědělství. [Záv. zpráva.] *Praha-Ruzyně, VÚRV* 1975.

ŠKARDA, M. — ZOBAČ, J.: Agronomická účinnost průmyslově zpracovaných odpadů. [Záv. zpráva.] *Praha-Ruzyně, VÚRV* 1977.

VALDMAA, F.: Field experiments with bark humus-MoDO-Mylla. *J. Sci. agric. Soc. Finl.*, 1974, č. 3, s. 320-327.

YEN, T. F.: Recycling and Disposal of Solid Wastes. *Industrial Agricultural, Domestic. Ann. Arbor. Sci.*, 1974.

ZOBAČ, J. — LÖBL, F.: Některé poznatky z hodnocení vyzrálosti Vitahumu na základě nádobových vegetačních pokusů. *Agrochemie*, 10, 1970, č. 4, s. 111-114.

ZOBAČ, J. — VÁŇA, J.: Agronomická účinnost průmyslově vyrobených kompostů v závislosti na technologii výroby. *Rostl. Vyr.*, 20, 1974, č. 9, s. 931-939.

ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“.

Došlo dne 12. 6. 1984

ЛОБЛ, Ф. — ШТИКОВА, А. — ВАГНЕРОВА, В., — РУСТАМ, К. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузыне): Качество промышленно выпускаемых компостов и их дальнейшее преобразование в разных почвенно-климатических условиях. *Rostl. Vyr.*, 30, 1984 (11) : 1151-1162.

В статье оценивалось последующее преобразование органических веществ четырех типов промышленно выпускаемых компостов, применяемых в разных почвенно-климатических условиях трех опытных станций НИИР. Два компоста были подготовлены из дробленных твердых ломовых отходов с добавлением грязи из станции очистки сточных вод или же разбавленного свиного навоза; один компост из разных удобрительных отходов с добавлением навоза и один из еловой коры с добавлением разбавленного свиного навоза, который заделывался в почву в свежем состоянии (оба сырья смешивались перед заделкой в почву). Достигнутая степень преобразования органических веществ зависела от качества субстрата закладываемых компостов и микробиолого-биохимической активности во время спелости. Спелые компосты перед заделкой в почву содержали 20,25—79,30 % органических веществ в сухом веществе, достигли базальной респирации 5,5—16,4 мг $\text{CO}_2/100 \text{ г/ч}$ с.в., относительная респирация NG : В находилась в пределах 1,4—8,0 и содержание N-NH_4^+ в пределах 7,9—232,2 мг. 100 г с.в. Было доказано, что дальнейшее преобразование по-разному стабильных органических веществ, вносимых компостов зависит от почвенно-климатических условий, микробиолого-биохимической активности почвы и, главным образом, от количества физиологически доступного азота. Полученные результаты подтвердили, что технологическим путем производства промышленных компостов можно получить органическое удобрение со степенью стабильности органических веществ, пригодной для разных почвенно-климатических условий.

промышленные компосты; органические удобрения; микробиолого-биохимическая активность; преобразование органических веществ

LÖBL, F. — ŠTIKOVÁ, A. — WAGNEROVÁ, V. — RUSTAM, Kh. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *The Quality of Commercial Composts and their Transformations under Different Conditions of Climate and Soil*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11) : 1151-1162.

The continuous transformation of organic substances was evaluated in four commercial composts applied to the fields of three testing stations of the Research Institute of Crop Production, located under different soil and climatic conditions. Two composts were made from crushed municipal solid wastes with an addition of city sewage sludges or pig slurry, one was produced from various manuring wastes with an addition of dung, and one from spruce bark with an addition of pig slurry; the last-mentioned compost was applied to the soil in fresh condition, the two components being mixed before application. The degree of organic matter transformation depended on the quality of compost substrates and on the microbiological and biochemical activity in the compost during ripening. Before incorporation in the soil, the ripened composts contained 20.25 to 79.30 % organic matter in dry matter, their basal respiration was 5.5 to 16.4 mg CO₂ per 100 g dry matter/hour and their relative respiration NG : B ranged from 1.4 to 8.0 and N-NH₄⁺ content from 7.9 to 232.2 mg per 100 g dry matter. The continuous conversion of organic substances of different quality was found to depend on the soil and climatic conditions, on the microbiological and biochemical activity of the soil and, in particular, on the content of physiologically available nitrogen. The results have demonstrated that, through the technological process of commercial compost production, it is possible to obtain an organic manure whose organic substances are stable enough to fit into different conditions of soil and climate.

commercial composts; organic manure; microbiological and biochemical activity; transformation of organic substances

Adresa autorů:

Ing. František Löbl, CSc., ing. Alena Štiková, CSc., ing. Věra Wagnerová, CSc., ing. Khairalla Rustam, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha-Ruzyně

H. Marečková, O. Brožová

MAREČKOVÁ, H. — BROŽOVÁ, O. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Symbiotická fixace dusíku u vojtěšky*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11) : 1163-1169.

U osmi odrůd vojtěšky (*Medicago sativa* L.) a tří novošlechtění byla sledována sušina nadzemní hmoty a nitrogenázová aktivita při inokulaci dvěma kmeny *Rhizobium meliloti* v prostředí bez minerálního dusíku a sušina nadzemní hmoty při růstu rostlin s hladinou 3 mM N-NO₃⁻ bez inokulace. V pokusech se projevily mezi oběma kmeny značný rozdíl ve sledovaných hodnotách. Schopnost příjmu dusíku symbiotickou fixací nebo dusíku nitrátového se u jednotlivých odrůd lišila, rovněž kompatibilita odrůd se sledovanými kmeny byla rozdílná. Výsledky ukazují nezbytnost výběru kmenů pro provozní účely se zřetelem na specifickou kompatibilitu povolených odrůd.

symbiotická fixace N₂ u vojtěšky; odrůdová specifita; rozdíly fixační kapacity odrůd

Víceleté pícniny a luskoviny byly v zemědělství tradičně využívány pro svou nenáročnost na minerální dusík, schopnost obohacovat půdu vzdušným dusíkem využitelným i v následujících sklizních a pro svůj celkový příznivý vliv na úrodnost půdy. Následkem rozvoje chemického průmyslu a tím i produkce průmyslových dusíkatých hnojiv se význam vikvovitých v rostlinné výrobě snižoval. V současné době, kdy energetické nároky všech průmyslových odvětví stoupají a zdroje fosilních surovin se vyčerpávají, obrací se celosvětově intenzivní pozornost opět k maximálnímu využití leguminóz v osevních sledech a k cestám zvýšení biologické, především symbiotické fixace dusíku. Snaha o zvýšení fixační kapacity se donedávna soustřeďovala na výběr a selekce co nejefektivnějších kmenů rhizobií, hostitelská rostlina byla jako aktivní faktor ve zvyšování kapacity symbiotické fixace opomíjena.

Hostitelská rostlina i specifická rhizobia mají oba schopnost vlastní genetické kontroly procesu fixace N₂. Genetická kontrola hostitelskou rostlinou byla demonstrována u některých leguminóz sledováním rozdílů v interakcích rhizobií s odrůdami hostitelské rostliny ve výnose a fixaci N₂ (Erdman, Means, 1953; Gibson, 1962, 1964; Heichel, Vance, 1979). Studia dědičnosti ukázala, že hostitelská rostlina podmiňuje řadu fází symbiózy. U jetele lučního (*Trifolium pratense* L.) je rostlinnými geny řízena rezistence k infekci, doba infekce a počet vzniklých hlízek (Nutman, 1946, 1949, 1952). U sóji bylo zjištěno, že neschopnost (ztráta schopnosti) nodulace je řízena jednoduše recesivním genem (Williams a Lynch, 1954) a u vojtěšky dvěma recesivními

geny (Peterson, 1981). Efektivita nebo naopak neefektivnost vytvořených hlízek byla prokázána jako vlastnost dědičná u jetele lučního (Nutmán, 1954, 1957), vojtěšky (Peterson, 1980; Viands et al., 1979). *Lotus* spp. (Gershon, 1961), *Trifolium subterraneum* (Gibson, 1964, s. 301) (Vest a Caldwell, 1972) a hrachu (Holl, 1975).

MATERIÁL A METODY

V pokusech byly použity tyto odrůdy vojtěšky (*Medicago sativa* L.):

povolené odrůdy — 'Palava', 'Bobrava', 'Nitranka', 'Přerovská',
restringované odrůdy — 'Ondava', 'Hodonínka',
zahraňní odrůdy povolené pro dovoz — 'Europe', 'Orca',
ovošlechtění — PŠ, PNK, PP/B.

Použité inokulační kmeny:

D 417 — kmen ze sbírky VÚRV, v dřívějších pokusech efektivně fixující,
„6“ — nově získaný kmen efektivní v předchozích testech.

Rostliny vojtěšky byly pěstovány hydroponicky v soustavě dvou plastických nádobek s perlitem a živným roztokem. Použitý perlit byl prosát na velikost zrn 1–3 mm, živný roztok N 77 (Našinec, 1981) byl jednou týdně vyměňován. U inokulovaných rostlin byl prvních 14 dní přidáván minerální dusík [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$] v koncentraci 0,49 mM. U neinokulovaných rostlin byl perlit syčen roztokem N 77 s minerálním dusíkem v koncentraci 3 mM, kde iontová síla byla vyrovnávána koncentrací CaCl_2 . Semena před vysetím byla sterilizována běžnou metodou sublimátem a ihned po vysetí inokulována nadbytkem suspenze příslušného kmene. Po vzejití bylo v nádobce ponecháno po jedné rostlině. Počet opakování ve variantě byl 12.

Pokusy byly prováděny ve skleníku s přisvětlováním sodíkovými výbojkami. Pro rozsáhlost jednotlivých pokusů nemohly být odrůdy sledovány současně, s inokulací dvěma různými kmeny a bez inokulace, s přidavkem minerálního dusíku, v těchto pokusech. Absolutní čísla mezi těmito třemi pokusy nemohou být proto srovnávána přímo. Jako referenční kombinace byla použita odrůda 'Palava', inokulovaná kmenem D 417 *Rhizobium meliloti*. Při likvidaci pokusu byla stanovena fixační aktivita inokulovaných rostlin měřením redukce acetyleny (Škrdleta et al., 1976) a sušina biomasy rostlin.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V tabulce I jsou uvedeny hodnoty sušiny rostlin pěstovaných v médiu s minerálním dusíkem, se stálou hladinou 3 mN- NO_3^- , bez inokulace rhizobii. Oproti standardní odrůdě 'Palava' byl nižší výnos sušiny u odrůdy 'Bobrava', 'Přerovská', 'Ondava' a ovošlechtění PNK. 'Nitranka', 'Hodonínka', 'Orca' a dvě ovošlechtění — PŠ a PP/B vykazaly vyšší sušinu rostlin při příjmu pouze minerálního dusíku.

Růst osmi odrůd v médiu bez minerálního dusíku (s výjimkou startovací dávky), které byly inokulovány kmenem rhizobií D 417 je uveden v tabulce II. Celkově nízká sušina rostlin většiny odrůd byla v tomto pokuse výrazně vyšší pouze u odrůdy 'Europe', rovněž 'Bobrava' reagovala s tímto kmenem uspokojivě. V tabulce III jsou uvedeny hodnoty nitrogenázové aktivity měřené redukcí acetyleny jednorázově při likvidaci pokusu. I z těchto údajů je patrné, že fixace odrůdy 'Europe' byla výrazně efektivnější než srovnávací odrůdy 'Palava'. Efektivněji fixovala i 'Bobrava' v souhlase s celkovým výnosem sušiny biomasy rostlin. Odrůda 'Hodonínka', u které nebyla v žádném z opakování (12) redukce

I. Sušina rostlin vojtěšky pěstovaných hydroponicky bez inokulace s 3 mM N-NO₃ v substrátu — The dry matter of lucerne plants grown hydroponically without inoculation with 3 mM N-NO₃ in substrate

Odrůdy	Hmotnost sušiny g. rostl. ⁻¹	$s_{\bar{x}}$	% Palava = 100
Palava	4,49	0,71	100,0
Bobrava	3,57	0,88	76,9
Nitranka	5,63	0,78	125,3
Přerovská	3,54	0,69	78,8
Ondava	3,22	1,23	71,7
Hodonínka	5,05	0,83	112,4
Europe	4,49	1,04	100,0
Orca	5,04	0,97	111,2
PŠ	5,94	1,43	133,2
PNK	3,93	0,61	87,5
PP/B	5,44	0,88	125,4

acetylenu při likvidaci zaznamenána, měla hmotnost sušiny vyšší než 'Palava'. Pouze u odrůd 'Europe', 'Bobrava', 'Orca', rostliny všech opakování fixovaly dusík ve větší nebo menší míře v období likvidace pokusu. U ostatních odrůd byly rostliny, které acetylen neredukovaly — u odrůdy 'Palava' 5, 'Nitranka' 10, 'Přerovská' 6, 'Ondava' 9, 'Hodonínka' 12, při celkovém počtu dvanácti opakování. Rozdíly v hlízkách — v počtu, velikosti i zabarvení — byly patrné mezi 'Europe' a většinou ostatních odrůd. Přesná stanovení počtu hlízek v tomto rozsahu pokusů nebylo možno provádět.

II. Sušina rostlin vojtěšky pěstovaných hydroponicky bez minerálního dusíku, inokulovaných kmenem *R. meliloti* D 417 — The dry matter of lucerne plants grown hydroponically without mineral nitrogen and inoculated with *R. meliloti* strain D 417

Odrůdy	Hmotnost sušiny g. rostl. ⁻¹	$s_{\bar{x}}$	% Palava × D 417 = = 100
Palava	0,65	0,34	100,0
Bobrava	1,27	0,62	195,4
Nitranka	0,67	0,38	103,1
Přerovská	0,66	0,44	101,5
Ondava	0,43	0,19	66,2
Hodonínka	0,23	0,09	3,46
Europe	2,59	0,73	399,8
Orca	0,72	0,22	110,7

III. Celková nitrogenázová aktivita vojtěšky inokulované *R. meliloti* D 417 — The total nitrogenase activity of lucerne inoculated with *R. meliloti* D 417

Odrůdy	μ mol C_2H_4 . rostl. ⁻¹ .h. ⁻¹	$\frac{\%}{\text{Palava} \times \text{D 417} = 100}$	Počet rostlin s neefektivní fixací (12 opakování)
Palava	2,08	100,0	5
Bobrava	2,84	137,0	0
Nitranka	0,59	28,5	10
Přerovská	1,071	51,7	6
Ondava	0,86	41,8	9
Hodonínka	0,0	0,0	12
Europe	3,99	192,7	0
Orca	1,56	75,4	0

V následujícím pokuse byly tytéž odrůdy a tři vzorky novošlechtění PŠ, PNK a PP/B inokulovány novým perspektivním kmenem, prozatímně pracovně označeným „6“. Referenční kombinace byla 'Palava' inokulovaná kmenem D 417. Hmotnost sušiny a nitrogenázová aktivita, stanovená v tomto pokuse, jsou uvedeny v tabulkách IV a V. U srovnávací varianty nebyla v období likvidace pokusu (2,5 měsíce) zaznamenána žádná nitrogenázová aktivita u deseti z dvanácti opakování. Ve variantách inokulovaných kmenem „6“ všechny rostliny nitrogenázovou aktivitu vykazovaly. V kombinaci 'Palava' X D 417 ty rostliny, které nefixovaly, byly i bez hlízek.

IV. Sušina rostlin vojtěšky pěstovaných hydroponicky bez minerálního dusíku, inokulovaných kmenem *R. meliloti* „6“ — The dry matter of lucerne plants grown hydroponically without mineral nitrogen and inoculated with *R. meliloti* strain „6“

Odrůdy	Hmotnost sušiny g. rostl. ⁻¹	$\bar{s}$	$\frac{\%}{\text{Palava} \times \text{D 417} = 100}$
Palava (D 417)	0,41	0,12	100
Palava	1,63	0,19	397
Bobrava	2,41	0,17	587
Nitranka	2,85	0,37	695
Přerovská	3,03	0,41	739
Ondava	2,46	0,37	600
Hodonínka	3,72	0,63	907
Europe	3,36	0,45	819
Orca	2,37	0,27	578
PŠ	3,42	0,42	834
PNK	2,41	0,37	587
PP/B	2,78	0,51	678

Odrůdy	$\mu \text{ mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{rostl.}^{-1} \cdot \text{h.}^{-1}$	$\frac{\%}{\text{Palava} \times \text{D 417} = 100}$	Počet rostlin s neefektivní fixací (12 opakování)
Palava (D 417)	0,64	100	10
Palava	4,07	635	0
Bobrava	4,53	707	0
Nitranka	3,69	576	0
Přerovská	3,33	520	0
Ondava	5,91	923	0
Hodonínka	4,96	775	0
Europe	6,04	943	0
Orca	2,64	412	0
PŠ	3,72	581	0
PNK	3,92	612	0
PP/B	3,61	564	0

Z uvedených pokusů vyplývá, že srovnávací kombinace odrůdy 'Palava' a inokulačního kmene D 417 je nevyhovující pro další pokusy a to jak z hlediska kmene mikroorganismu, tak odrůdy hostitele. Kmen D 417, s výjimkou odrůdy 'Europe' a do určité míry i 'Bobrava', netvoří efektivní symbiózu se sledovanými odrůdami. Hlízky byly málo efektivní, nebo se v některých případech vůbec nevytvořily. Je-li příčina v nedostatečné homogenitě rhizobií, nebo hostitelských odrůd či vzájemné inkompatibility, ukáže další sledování. Kmen „6“ byl infektní pro všechny sledované odrůdy i novošlechtění, rovněž jeho efektivita byla průkazně u všech hostitelských odrůd vyšší.

Podíl kmene hlízkových bakterií na celkové efektivitě symbiotické fixace je velmi podstatný. Srovnání poměrné hmotnosti sušiny rostlin při asimilaci pouze minerálního dusíku a dusíku symbioticky fixovaného efektivním kmenem ukazuje, že odrůda 'Palava', jejíž hmotnost sušiny byla průměrná při růstu na nitrátovém dusíku, se posunula na poslední místo, byla-li ve výživě odkázána na symbiotickou fixaci. Novošlechtění PŠ bylo schopno využívat a tvořit vysoký výnos s minerálním dusíkem i při symbiotické fixaci. Odrůdy 'Europe' a 'Hodonínka' jsou naopak lépe přizpůsobeny využívání symbioticky fixovaného dusíku. U odrůdy 'Hodonínka' se projevila větší závislost na genotypu symbiotického kmene, podobně jako u odrůdy 'Bobrava', která s celkově málo efektivním kmenem D 417 měla druhou (po odrůdě 'Europa') nejvyšší hmotnost sušiny. Je tedy vedle vlastní efektivity kmene celková kapacita symbiotické fixace komplexu rhizobium X hostitelská rostlina odvislá na genotypu hostitele a jejich vzájemné kompatibility.

Zvýšení schopností víceletých píceň fixovat N_2 je jedním z přístupů, jak snížit závislost osevních postupů na průmyslových dusíkatých hnojivech. Pozitivní výsledky pokusů na zvýšení fixačních schopností

jetele uvádí ve svých pokusech Nutman et al., (1971), Nutman, Riley (1981). U vojtěšky se zabývají možnostmi zvýšení úrovně fixace šlechtěním především práce Heichela a Vance (1979), Heichel (1982), Heichel et al. (1981), Viands et al. (1982), kteří sledovali v průběhu šlechtitelského programu různé parametry jako hmotnost nadzemní hmoty, nitrogenázovou aktivitu, počet a sušinu hlízek a další ukazatele ve vztahu k zvýšení fixační kapacity symbiotického komplexu. Výsledky jejich prací ukázaly, že schopnost fixace N_2 je řízena jak genomem hostitele, tak mikrosymbionta — a dále, že s tím spojené metabolické procesy mohou být ovlivněny selekcemi na vhodné fyziologické a morfologické znaky. Současně se šlechtěním na vyšší fixaci se u hostitele měnila i afinita a schopnost aktivního výběru efektivnějších kmenů rhizobií ze smíšené kultury mikrosymbionta ve srovnání s původní neselektovanou odrůdou vojtěšky. Výsledky našich pokusů v kontrolovaných podmínkách ukázaly rozdíly ve fixačních schopnostech i kompatibilitě jak kmenů rhizobií, tak odrůd hostitelských rostlin. To ukazuje na naléhavý požadavek výběru efektivních kmenů pro očkovací preparáty již s přihlédnutím k současné a měnící se skladbě odrůd. Hodnocení schopností hostitele fixovat N_2 již v počátečních stadiích šlechtění nových odrůd by se mohlo stát jednou z cest perspektivního zvýšení celkového vstupu dusíku do agroekosystému.

Literatura

- ERDMAN, L. W. — MEANS, U. M.: Strain variation of *Rhizobium meliloti* on three varieties of *Medicago sativa*. L. Agron. J., 45, 1953, s. 625-629.
- GERSHON, D.: Genetic studies of effective nodulation in *Lotus* spp. Can. J. Microbiol., 7, 1961, s. 961-963.
- GIBSON, A. H.: Genetic variation in the effectiveness of nodulation of lucerne varieties. Austr. J. agr. Res., 13, 1962, s. 388-399.
- GIBSON, A. H.: Genetic control of strain specific ineffective nodulation in *Trifolium subterraneum* L. Austr. J. Agr. Res., 15, 1964, s. 37-49.
- HEICHEL, G. H.: Breeding alfalfa for improved nitrogen fixation: A physiological perspective. Iowa St. J. Res., 56, 1982, č. 3, s. 255-280.
- HEICHEL, G. H. — VANGE, C. P.: Nitrate-N and Rhizobium strain roles in alfalfa seedling nodulation and growth. Crop Sci., 15, 1979, s. 512-518.
- HEICHEL, G. H. — VANGE, C. P. — BARNES, D. K.: Evaluating elite alfalfa lines for N_2 -fixation under field conditions. Genetic engineering of symbiotic nitrogen fixation and conservation of field nitrogen. Eds. LYONS, J. M., VALENTINE, R. C., PHILLIPS, D. A., RAINS, D. W., and HUFFAKER, R. C., Plenum Publ. Corp. 1981, s. 217-232.
- HOLL, F. B.: Host plant control of the inheritance of dinitrogen fixation in the *Pisum* — *Rhizobium symbiosis*. Euphytica, 24, 1975, s. 767-770.
- NAŠINEC, V.: Symbiotická fixace molekulárního dusíku u fazole a hrachu. [Dis. práce obor 41-01-9.] 1981.
- NUTMAN, P. S.: Genetical factors concerned in the symbiosis of clover and nodule bacteria. Nature, 157, 1946, s. 463-465.
- NUTMAN, P. S.: Nuclear and cytoplasmic inheritance of resistance to infection by nodule bacteria in red clover. Heredity, 3, 1949, s. 263-291.
- NUTMAN, P. S.: Host factors influencing infection and nodule development in leguminous plants. Proc. Royal Soc. London, Sec. B, 139, 1952, s. 176-185.
- NUTMAN, P. S.: Symbiotic effectiveness in nodulated red clover. I. Heredity, 8, 1954, s. 47-60.
- NUTMAN, P. S.: Symbiotic effectiveness in nodulated red clover. III. Heredity, 11, 1957, s. 157-173.
- NUTMAN, P. S. — MAREČKOVÁ, H. — RAICHEVA, L.: Selection for increased nitrogen in red clover. Plant Soil (special volume), 1971, s. 27-31.

- NUTMAN, P. S. — RILEY, J.: Breeding of nodulated red clover (*Trifolium pratense*) for high yield. Ann. appl. Biol., 98, 1981, s. 319-331.
- PETERSON, M. A.: Inheritance of five ineffective nitrogen fixation traits in alfalfa. M. S. thesis, University of Minnesota, St. Paul, 1980. Ex Viands et al. 1981.
- ŠKRDLETA, B. — NAŠINEC, V. — HAVLOVÁ, M.: Vztah mezi redukcí acetylenu a některými ukazateli symbiotické fixace dusíku u hrachu (*Pisum sativum* L.). Rostl. Výr., 22, 1976, č. 8, s. 881-888.
- VEST, G. — CALDWELL, B. E.: *rj4* — A new gene conditioning ineffective nodulation in soybean. Crop Sci., 12, 1972, s. 692-693.
- VIANDS, D. R. — BARNES, D. K. — HEICHEL, G. H.: Nitrogen fixation in Alfalfa. USDA, ARS Technical Bulletin 1643, 1982, s. 1-18.
- VIANDS, D. R. — VANCE, C. P. — HEICHEL, G. H. — BARNES, D. K.: A plant-mediated ineffective nitrogen fixation trait in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop Sci., 19, 1979, s. 905-908.
- WILLIAMS, L. F. — LYNCH, D. L.: Inheritance of a non-nodulating character in soybean. Agron. J., 46, 1954, s. 28-29.

Došlo dne 12. 6. 1984

МАРЕЧКОВА, Г. — БРОЖОВА, О. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузыне): Симбиотическая азотфиксация у люцерны. Rostl. Výr., 30, 1984 (11): 1163-1169.

У восьми сортов люцерны (*Medicago sativa* L.) и у трех новых селекций изучались сухое вещество надземной массы, нитрогеназная активность при инокуляции двумя штаммами *Rhizobium meliloti* в среде без минерального азота и сухое вещество надземной массы при росте растений с уровнем 3 мМ N-NO₃⁻ без инокуляции. В опытах между двумя штаммами проявилась значительная разность в изучаемых значениях. Способность усвоения азота симбиотической фиксацией или нитратного азота у отдельных сортов была разной, также и совместимость сортов с изучаемыми штаммами была разной. Результаты свидетельствуют о необходимости отбора штаммов для производственных целей с учетом специфической совместимости отдельных районированных сортов.

симбиотическая фиксация N₂ у люцерны; сортовая специфичность; различия фиксационной способности сортов

MAREČKOVÁ, H. — BROŽOVÁ, O. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): Symbiotic Nitrogen Fixation in Lucerne. Rostl. Výr., 30, 1984 (11): 1163-1169.

In eight cultivars of lucerne (*Medicago sativa* L.) and three new varieties of the same crop, trials were performed to study the dry matter of the above-ground parts of the plants and the activity of nitrogenase at inoculation with two strains of *Rhizobium meliloti* in an environment free from mineral nitrogen; the dry matter of the above-ground parts was also studied at 3 мМ N-NO₃⁻ without inoculation. A considerable difference was found between the two *Rhizobium* strains as to the values under study. The ability to take in nitrogen through symbiotic fixation, or to take in nitrate nitrogen, varies with cultivars and there were also differences in the compatibility of cultivars with the strains studied. The results suggest how important it is to respect the specific compatibility of registered cultivars when choosing the strains of *Rhizobium* for field use.

symbiotic N₂ fixation by lucerne; varietal specificity; differences in the fixation capacity of cultivars

Adresa autorek:

Dr. Hana Marečková, CSc., ing. Olga Brožová, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha-Ruzyně

Výběr z nových příspěvků

Ústřední zemědělské a lesnické knihovny

z oboru rostlinné výroby

Uvedené publikace je možné si půjčit osobně nebo písemně v ÚZLK, výpůjční oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Půjčovní doba: pondělí, úterý a čtvrtek od 9.00 do 16.30 hod., středa od 9.00 do 18.00 hod., pátek od 9.00 do 15.30 hod. U každé žádané publikace uveďte signaturu.

Sortovaja agrotechnika zernovych kultur.

D 75.055

Kijev, Urožaj 1983. 311 s., tab. (Zrniny — odrůdy — pěstování — příručka)

Weed control in cereals... Spring and summer.

D 69.889/2252

Alnwick, MAFF 1983. 42 s., tab. (Obilniny — plevele — hubení)

THUM, R.

E 37.898/372

Chlorcholinchlorid — Einfluss auf Ertragsbildung, auf Assimilatebildung und Verteilung in der Weizenpflanze unter Berücksichtigung der Wurzelaktivität. Diss. d. Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität zu Bonn.

Bonn, n. vl. 1983. 181 s., 42 obr., 17 tab., res. něm. (Pšenice chlorcholinchlorid — použití — výnosy — tvorba — vztahy — výzkum — NSR — disertační práce)

Bonn, Hohe Landw. Fak. d. Rhein. Friedrich Wilhelms Univ. 1982. 235 s., obr., tab. (Pšenice — pěstování — odrůdy / Kukuřice — pěstování — odrůdy / Rýže — pěstování — odrůdy — Egypt — výzkum — NSR — disertační práce)

SCHEER, M.

E 37.898/373

Die Saat als Mittel zur Optimierung inner- und zwischenpflanzlicher Konkurrenzverhältnisse bei Winterweizen und Möglichkeiten der Regulation durch Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität Bonn.

Bonn, n. vl. 1983. 147 s., 46 obr., 42 tab., res. něm. (Pšenice ozimá — setí — výnosy — tvorba — hnojení dusíkaté — vztahy — výzkum — NSR — disertační práce)

RESPIRACE KOŘENŮ A POTENCIÁLNÍ FIXACE N_2 U HRACHU V ZÁVISLOSTI NA ZDROJI DUSÍKATÉ VÝŽIVY

V. Škrdleta, M. Němcová, L. Lisá, A. Gaudinová

ŠKRDLETA, V. — NĚMCOVÁ, M. — LISÁ, L. — GAUDINOVÁ, A. (Ústav experimentální botaniky ČSAV, Praha): *Respirace kořenů a potencionální fixace N_2 u hrachu v závislosti na zdroji dusíkaté výživy*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1171-1178.

Byl sledován vliv stáří rostliny a konstantních koncentrací nitrátu (0, 0,63, 1,25 a 2,5 mM) na tvorbu biomasy, nodulaci, nitrogenázovou C_2H_2 -redukční aktivitu, produkci H_2 a respiraci nodulovaných kořenů hrachu (*Pisum sativum* L., odrůda 'Bohatýr'). Zvyšující se koncentrace nitrátu v kořenovém prostředí výrazně zvyšovala růstovou a udržovací respiraci nodulovaných kořenů a snižovala respirační náklady nitrogenázové aktivity, zvyšovala produkci biomasy rostlin a při 2,5 mM NO_3^- výrazně snižovala potenciální fixaci N_2 kalkulovanou na základě C_2H_2 -redukční aktivity a produkce H_2 .

nodulace; tvorba biomasy; nitrogenázová C_2H_2 -redukční aktivita; tvorba H_2

Hrách, stejně jako ostatní vikvovité rostliny, využívají pro svou výživu v přirozených podmínkách především dvě formy dusíku — molekulární dusík (N_2) a nitrátový iont (NO_3^-). Poměr mezi využíváním jednoho či druhého zdroje dusíku závisí na řadě podmínek vnějšího prostředí (Lie, 1974), především však na koncentraci NO_3^- a vodíkových iontů v kořenovém prostředí (Škrdleta, 1971) a na velikosti půdní populace rhizobií schopných nodulovat hostitelskou rostlinu a v symbióze s ní efektivně redukovat (fixovat) N_2 .

Koncentrace NO_3^- v kořenovém prostředí může ovlivňovat jak první fázi vzniku symbiózy — specifickou interakci mezi buňkou rhizobií a povrchem kořenových vlásků (Dazzo, Brill, 1978) a následnou tvorbou kořenových hlízek (Ralston, Imsande, 1983), tak celkový metabolismus N_2 -fixujících hlízek (Noel et al., 1982). Koncentrace NO_3^- v kořenovém prostředí může ovlivnit respiraci nodulovaného kořene (Lamberts et al., 1980) a podíl respirace připadající na tzv. alternativní respirační dráhu, která není inhibována CN a která není přímo spřažena s tvorbou ATP (de Visser, Lamberts, 1983).

V této práci jsme studovali především vztah mezi respirací nodulovaného kořenového systému, potencionální fixací N_2 a tvorbou biomasy u rostlin hrachu pěstovaných za standardních podmínek při čtyřech konstantních hladinách nitrátového dusíku v kořenovém médiu.

MATERIÁL A METODY

Po dvoudenním naklíčení byly klíční rostlinky hrachu (*Pisum sativum* L., odrůda 'Bohatýr') inokulovány suspenzí agarové kultury kmene D 253 *Rhizobium leguminosarum* a kultivovány za standardních podmínek v perlitu (Škrdleta et al., 1980). Perlit byl syčen buď bezdusíkatým živným roztokem — varianta N₀ (Škrdleta et al., 1984b), nebo živným roztokem obsahujícím Ca(NO₃)₂·4 H₂O (g.l⁻¹): 0,074—0,63 mM (N₁), 0,1475—1,25 mM (N₂) a 0,295—2,5 mM (N₃). Iontová síla živných roztoků (0,038) byla vyrovnávána změnou v koncentraci CaCl₂ a K₂SO₄, pH roztoků bylo upraveno NaOH na 6,6 a roztoky byly vyměňovány pravidelně dvakrát týdně.

Vzhledem k diurnálním změnám v metabolismu hlízek (Škrdleta et al., 1984a), bylo pět hodin po začátku fotoperiody odebráno od každé varianty po 8 rostlinách, celé kořenové systémy byly odděleny a po dvou inkubovány 20 min při 22 °C ve 100ml sérovkách. Po inkubaci byly 1ml odebrány vzorky inkubační atmosféry pro stanovení produkce CO₂ a H₂. Inkubační nádoby byly provzdušněny a po přidání acetylénu (pC₂H₂ = 1,0 · 10⁴ Pa) inkubovány dalších 20 min ke stanovení nitrogenázové C₂H₂-redukční [EC 1.19.2.1] aktivity hlízek (Koch, Evans, 1966; Škrdleta et al., 1976). Po odběru vzorků inkubační atmosféry, byly ze všech kořenů rychle odděleny hlízky a kořeny opět inkubovány 20 min pro stanovení produkce CO₂ kořeny. Koncentrace CO₂, O₂, C₂H₂, C₂H₄ a H₂ v inkubační atmosféře byla stanovena plynovou chromatografií.

Minimální potencionální fixace N₂ za 24 h byla kalkulována na základě následujícího vztahu:

$$\frac{TNA \cdot RE \cdot 24 \cdot 2,8016 \cdot 10^{-5}}{3} [(gN-N_2) \cdot d^{-1} \text{ na rostlinu}] \quad (1)$$

kde: TNA = celková nitrogenázová aktivita hlízek jedné rostliny — [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1}$],

RE = faktor „relativní účinnosti“ fixace N₂ — [1-H₂/C₂H₄] — (Schubert, Evans, 1976) a „3“ je teoretický přepočítávací faktor mezi redukcí C₂H₂ a N₂ na enzymové úrovni.

K vyjádření „nejpravděpodobnější“ růstové a udržovací respirace nodulovaného kořenového systému a respiračních nákladů nitrogenázové C₂H₂-redukční aktivity, byl vztah mezi celkovou produkcí CO₂ nodulovanými kořeny a celkovou nitrogenázovou aktivitou 31 až 52 dnů starých rostlin podroben lineární regresní analýze:

$$Y = a + bX, \quad (2)$$

kde koeficient „a“ vyjadřuje růstovou a udržovací respiraci nodulovaného kořene [$\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{h}^{-1}$] a regresní koeficient „b“ respirační náklady nodulovaného kořene na jednotku nitrogenázové aktivity [$\mu\text{mol CO}_2 \cdot (\mu\text{mol C}_2\text{H}_4)^{-1}$] (Witty et al., 1983).

Koncentrace nitrátu v pletivu hlízek, kořenů a listů byla stanovena NO₃⁻-iontově selektivní elektrodou (Škrdleta et al., 1984b).

Výsledky pokusů byly hodnoceny analýzou variance, na jejímž základě byly vypočteny nejmenší směrodatné difference ($\bar{d}$) na hladině pravděpodobnosti $P \leq 0,05$ pro kterékoliv dva porovnávané průměry.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Rostliny pěstované za daných experimentálních podmínek měly ve stáří 17 dnů 6 až 7 listů a 45. den 38 až 75 % rostlin již kvetlo.

Produkce sušiny biomasy všeobecně vzrůstala se zvyšující se koncentrací N-NO₃⁻ v živném roztoku, avšak signifikantní rozdíly oproti kontrole (N₀) byly patrné především u variant N₂ a N₃ ve vegetativní fázi růstu (tab. I). V průměru za sledované vegetační období zvyšoval přídavek nitrátu produkci sušiny biomasy o 9 % (N₁), 21 % (N₂) a o 55 % (N₃). Naopak se zvyšující se hladinou nitrátového dusíku kle-

I. Vliv stáří rostlin a koncentrace nitrátu na akumulaci sušiny biomasy, sušiny hlízek a podílu sušiny nodulovaných kořenů na sušině biomasy — Plant dry-matter accumulation, nodule dry-matter accumulation and nodule root dry-matter percentage in relation to plant dry-matter as affected by plant age and nitrate concentration

	Varianty	Stáří rostlin [d]					
		17	31	38	45	52	59
Sušina biomasy [g na rostlinu]	N ₀	0,199	0,458	0,661	1,032	1,546	1,260
	N ₁	0,211	0,437	0,682	1,150	1,745	1,610
	N ₂	0,215	0,593	0,847	1,247	1,731	1,640
	N ₃	0,320	0,605	1,047	1,404	1,949	2,726
	$d \leq 0,05$	0,054	0,093	0,302	0,407	0,767	0,616
Podíl sušiny nodulovaných kořenů na celkové sušině biomasy [%]	N ₀	38,3	26,6	28,2	21,1	19,9	17,3
	N ₁	34,4	25,7	30,7	19,5	18,7	15,3
	N ₂	33,3	24,4	20,1	20,9	16,4	13,7
	N ₃	26,1	16,0	16,6	11,9	9,7	8,2
	$d \leq 0,05$	3,2	2,3	16,1	2,5	2,2	2,5
Sušina hlízek [mg na kořen]	N ₀	9	46	57	110	141	98
	N ₁	10	31	63	92	134	102
	N ₂	6	44	59	87	115	78
	N ₃	12	20	48	48	53	60
	$d \leq 0,05$	6	12	21	50	75	45

$d \leq 0,05$ — minimální průkazná diference na hladině pravděpodobnosti $P \leq 0,05$ pro kterékoliv dva průměry

sal podíl sušiny nodulovaných kořenů na celkové sušině biomasy (tab. I).

Výrazný inhibiční efekt nitrátů na nodulaci byl zaznamenán až u varianty N₃, s 2,5 mM koncentrací nitrátu. U této varianty měly rostliny v průměru za sledované období o 33 % nižší sušinu hlízek než rostliny kontrolní. U variant N₁ a N₂ činil průměrný pokles sušiny hlízek pouze 6 a 15 %.

Mnohem výraznější inhibiční efekt měly vyšší koncentrace nitrátu (N₂, N₃) na celkovou a specifickou nitrogenázovou aktivitu (tab. II). U varianty N₂ byly tyto aktivity v průměru za celé sledované období o 30 a 20 % a u varianty N₃ o 61 a 37 % nižší než u bezdušikaté kontroly. Naopak nejnižší koncentrace nitrátu (0,63 mM — N₁) mírně obě nitrogenázové aktivity zvyšovala (o 6, respektive 9 %). Z těchto výsledků je zřejmé, že vyššími koncentracemi nitrátu byla inhibována spíše tvorba hlízek, než specifická nitrogenázová aktivita jejich pletiva.

Ještě poněkud výrazněji se inhibiční efekt vyšší koncentrace nitrátu v živném roztoku projevil na celkové a specifické produkci vodíku hlízkami (tab. II, III), čili na tzv. ATP-dependentní tvorbě H₂ nitrogenázou.

II. Vliv stáří rostlin a koncentrace nitrátu na celkovou a specifickou nitrogenázovou aktivitu a na celkovou produkci H_2 — Total and specific nitrogenase activity and total dihydrogen evolution as affected by plant age and nitrate concentration

	Varianty	Stáří rostlin [d]					
		17	31	38	45	52	59
Celková nitrogenázová aktivita [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1}$ na kořen]	N ₀	2,1	1,5	1,3	4,7	5,3	4,0
	N ₁	1,5	1,1	2,4	3,0	6,6	4,6
	N ₂	0,5	1,2	2,0	1,5	4,6	1,7
	N ₃	0,9	0,9	1,0	1,5	0,8	0,2
	$d \leq 0,05$	1,1	0,6	1,3	1,6	4,4	2,3
Celková produkce H_2 [$\mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$ na kořen]	N ₀	0,4	0,7	0,5	1,6	2,2	1,3
	N ₁	0,2	0,5	0,8	1,1	2,7	1,5
	N ₂	0,1	0,5	0,7	0,6	1,3	0,7
	N ₃	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,03
	$d \leq 0,05$	0,3	0,3	0,4	0,8	2,0	0,8
Specifická nitrogenázová aktivita [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{g sušiny hlízek})^{-1}$]	N ₀	228	33	23	44	35	43
	N ₁	152	37	37	32	48	45
	N ₂	104	28	34	18	40	20
	N ₃	80	47	20	30	13	4
	$d \leq 0,05$	49	20	15	15	9	14

$d \leq 0,05$ — minimální průkazná diference na hladině pravděpodobnosti $P \leq 0,05$ pro kterékoliv dva průměry

Úměrně inhibici specifické nitrogenázové aktivity a specifické produkce H_2 hlízkami byla 1,25 a 2,5 mM koncentracemi nitrátu inhibována i specifická respirace hlízek (tab. III). Naopak respirace pletiva kořenů byla nejvyšší u rostlin kultivovaných při 0,63 a 1,25 mM koncentraci NO_3^- (tab. III) a za sledované růstové období byla v průměru vyšší oproti kontrole (N₀) o 19 (N₁) a 14 % (N₂). Relativně malé zvýšení specifické respirace kořenů u rostlin pěstovaných při 2,5 mM koncentraci NO_3^- je zřejmě výsledkem přesunu metabolismu nitrátu do nadzemních orgánů rostliny. Na zvýšení produkce CO_2 kořeny se při aplikaci NO_3^- mohla do určité míry podílet i tzv. CN-rezistentní alternativní dráha (Lamberts, de Visser, 1983).

Lineární regresní analýza (2) (obr. 1B) vztahu mezi nitrogenázovou aktivitou (tab. II) a celkovou produkcí CO_2 nodulovanými kořeny prokázala postupně stoupající růstovou a udržovací respiraci nodulovaných kořenů se zvyšující se koncentrací NO_3^- a naopak postupně klesající respirační náklady připadající na jednotku nitrogenázové aktivity. Z obrázků je rovněž zřejmé, že při 2,5 mM koncentraci nitrátu již není respirace nodulovaného kořenového systému v lineárním vztahu k nitrogenázové aktivitě hlízek.

III. Vliv stáří rostlin a koncentrace nitrátu na specifickou produkci H_2 a na specifickou respiraci hlízek a kořenů — Specific dihydrogen evolution and specific nodule and root respiration as affected by plant age and nitrate concentration

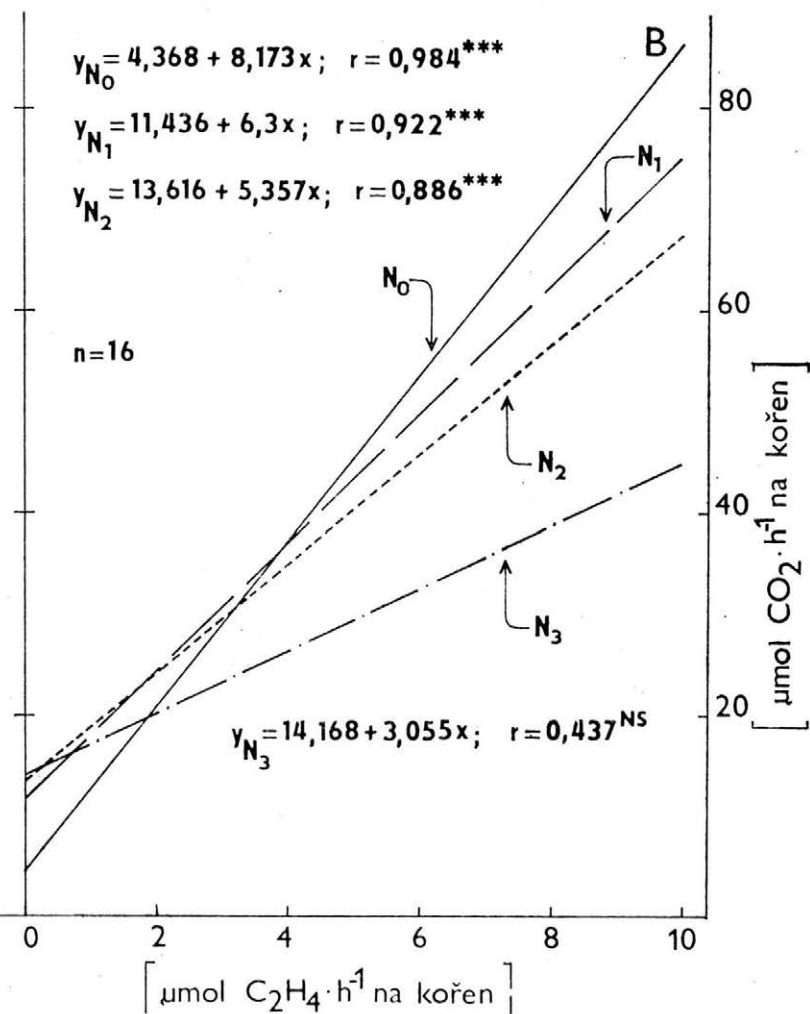
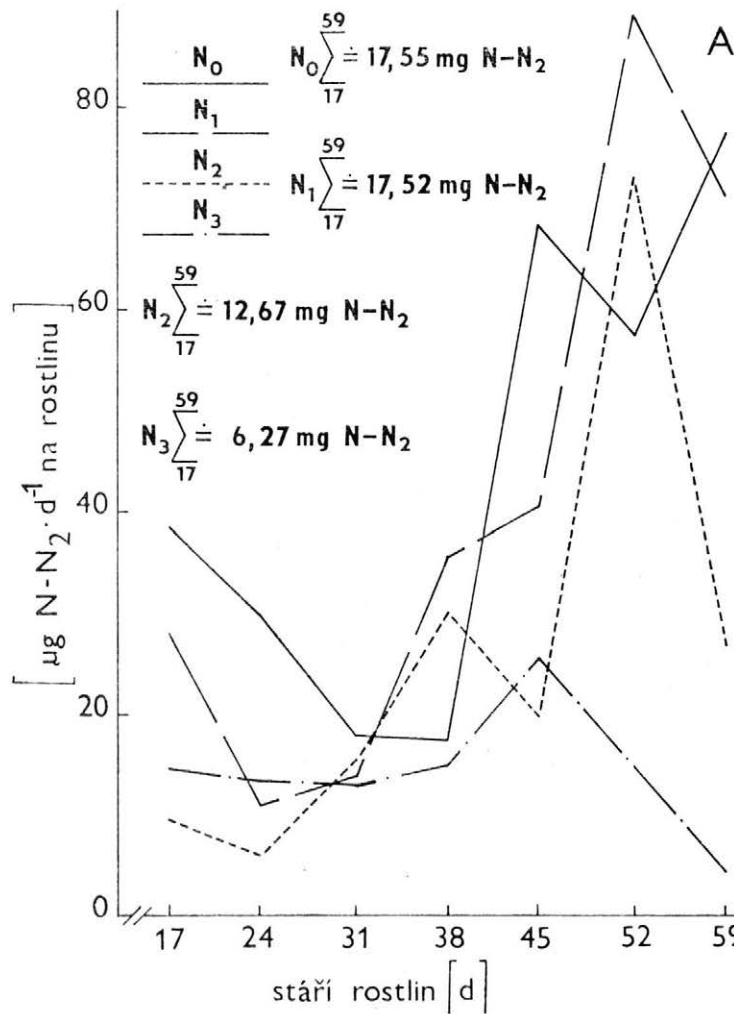
	Varianty	Stáří rostlin [d]					
		17	31	38	45	52	59
Specifická produkce H_2 [$\mu\text{mol} \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{g sušiny hlízek})^{-1}$]	N_0	38	16	9	15	14	13
	N_1	24	16	13	12	19	14
	N_2	20	13	12	7	12	6
	N_3	24	18	6	8	3	0,6
	$d \leq 0,05$	13	9	6	5	8	6
Specifická respirace tkáně hlízek [$\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{g sušiny})^{-1}$]	N_0	749	187	87	237	201	107
	N_1	535	212	116	117	240	136
	N_2	363	190	146	47	156	40
	N_3	—	177	82	52	78	55
	$d \leq 0,05$	614	132	77	67	117	81
Specifická respirace tkáně kořenů [$\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot (\text{g sušiny})^{-1}$]	N_0	157	115	88	159	101	115
	N_1	190	140	139	155	115	115
	N_2	167	130	130	109	114	157
	N_3	—	135	113	108	133	88
	$d \leq 0,05$	33	22	53	26	24	37

$d \leq 0,05$ — minimální průkazná difference na hladině pravděpodobnosti $P \leq 0,05$ pro kterékoliv dva průměry

Na základě celkové nitrogenázové aktivity a celkové produkce H_2 nodulovanými kořeny (tab. II), byla podle vztahu (1) odhadnuta minimální potenciální symbiotická fixace N_2 za sledované 42denní růstové období (obr. 1A). Tato aproximace ukazuje, že u rostlin kultivovaných při konstantní 1,25 mM koncentraci nitrátu klesá potenciální využití symbiotické fixace N_2 na 72 a při koncentraci 2,5 mM již pouze na 36 %.

Již při 0,63 mM koncentraci nitrátu v kořenovém prostředí byla část nitrátu rostlinou akumulována. U 52 dnů starých rostlin obsahovalo pletivo listů 136, kořenů 297 a hlízek 20 mg $N\text{-NO}_3^- \cdot (\text{kg sušiny})^{-1}$. Při posledním odběru, ve fázi tvorby lusků, poklesl obsah nitrátového dusíku na 44, 96 a 20 mg $\cdot (\text{kg sušiny})^{-1}$. Rostliny pěstované s 1,25 mM NO_3^- akumulovaly ve stejné době 570 — listy, 594 — kořeny a 29 — hlízky a 59. den 352, 844 a 71 mg $N\text{-NO}_3^- \cdot (\text{kg sušiny})^{-1}$.

Jak dokladují rovněž naše výsledky, patří hrách mezi ty vikvovité rostliny, které mohou vytvářet více biomasy, jsou-li pěstovány v prostředí s určitou koncentrací nitrátu, než když jsou odkázány pouze na symbiotickou fixaci N_2 (Ryle et al., 1979; de Visser, Lambers, 1983; Šimon, Škrdleta, 1983). Tento jev nelze jednoduše vysvětlit rozdíly ve spotřebě energie (ATP), redukčních ekvivalentů a uhlíku při



redukci a asimilaci N_2 a NO_3^- (Lambers, de Visser, 1983) a je spíše přisuzován limitujícímu vztahu mezi produkcí sušiny aktivní N_2 -fixující tkáně hlízek a sušiny biomasy rostliny (de Visser, Lambers, 1983).

Jak je patrné z tab. III, podílí se respirace hlízek, vyjádřená produkcí CO_2 , značnou měrou na celkové respiraci nodulovaného kořene a může dosahovat podle druhu leguminózy 42 až 70 % (Ryle et al., 1983). Vztáhneme-li celkovou produkci CO_2 nodulovaného kořene na jednotku nitrogenázové C_2H_2 -redukční aktivity (obr. 1B), pak se podíl produkce CO_2 připadající na potenciální fixaci N_2 výrazně mění podle koncentrace NO_3^- v živném roztoku. U varianty bez nitrátu činil 65, s 0,63 mM NO_3^- — 36, s 1,25 mM — 28 a s 2,5 mM — 18 %. Absolutní hodnoty respiračních nákladů nitrogenázové aktivity se pohybovaly mezi 3 (N_3) až 8 (N_0) $\mu\text{moly } CO_2 \cdot (\mu\text{mol } C_2H_4)^{-1}$ a byly v průměru vyšší než v naší předchozí práci u odrůdy 'Jupiter' [2,7 až 5,2 $\mu\text{molů } CO_2 \cdot (\mu\text{mol } C_2H_4)^{-1}$ (Škrdleta et al., 1984a)]. V pokusech s odrůdou 'Jupiter' však byly tyto hodnoty kalkulovány na základě specifické respirace tkáně hlízek u rostlin kultivovaných pouze bez nitrátu. Poněkud nižší údaje [2,25 až 4,52 $\mu\text{molů } CO_2 \cdot (\mu\text{mol } C_2H_4)^{-1}$] uvádějí rovněž Witty et al. (1983) pro hrách inokulovaný různými kmeny *R. leguminosarum*, ale přibližně stejné i vyšší hodnoty (5,2 až 9,8) Mahon (1977).

Poděkování

Všechny inokulační suspence *R. leguminosarum* použité v této práci byly poskytnuty RNDr. Hanou Marečkovou, CSc., oddělení půdní mikrobiologie, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně.

Literatura

- DAZZO, F. B. — BRILL, W. J.: Regulation by fixed nitrogen of host-symbiont recognition in the *Rhizobium*-clover symbiosis. *Pl. Physiol.*, 62, 1978, s. 18-21.
- DE VISSER, R. — LAMBERS, H.: Growth and the efficiency of root respiration of *Pisum sativum* as dependent on the source of nitrogen. *Physiol. Pl.*, 58, 1983, s. 533-543.
- KOCH, B. — EVANS, H. J.: Reduction of acetylene to ethylene by soybean root nodules. *Pl. Physiol.*, 41, 1966, s. 1748-1750.
- LAMBERS, H. — LAYZELL, D. B. — PATE, J. S.: Efficiency and regulation of root respiration in a legume: Effects of the N source. *Physiol. Pl.*, 50, 1980, s. 319-325.
- LAMBERS, H. — DE VISSER, R.: Energy metabolism in nodulated roots. In: *Advances in Nitrogen Fixation Research*, ed. VEEGER, C. — NEWTON, W. E., Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Boston, Lancaster; PUDOC, Wageningen, 1983, s. 453-460.
- LIE, T. A.: Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In: *The Biology of Nitrogen Fixation*, ed. QUISPEL, A., North Holland/American Elsevier, Amsterdam, Oxford, 1974, s. 555-582.
- MAHON, J. D.: Root and nodule respiration in relation to acetylene reduction in intact nodulated peas. *Pl. Physiol.*, 60, 1977, s. 812-816.

1A. Vliv stáří rostlin a koncentrace nitrátu na minimální potenciální symbiotickou fixaci N_2 — Minimal potential symbiotic dinitrogen fixation as affected by plant age and nitrate concentration

1B. Vliv koncentrace nitrátu na vztah mezi celkovou nitrogenázovou aktivitou a celkovou respirací nodulovaných kořenů — Relationship between total nitrogenase activity and total respiration of nodulated roots as affected by nitrate concentration

- NOEL, D. K. — CARNEOL, M. — BRILL, W. J.: Nodule protein synthesis and nitrogenase activity of soybeans exposed to fixed nitrogen. *Pl. Physiol.*, 70, 1982, s. 1236-1241.
- RALSTON, E. J. — IMSANDE, J.: Nodulation of hydroponically grown soybean plants and inhibition of nodule development by nitrate. *J. Exp. Bot.*, 34, 1983, č. 147, s. 1371-1378.
- RYLE, G. J. A. — ARNOTT, R. A. — POWELL, C. E. — GORDON, A. J.: Comparisons of the respiratory effluxes of nodules and roots in six temperate legumes. *Annals Bot.*, 52, 1983, s. 469-477.
- RYLE, G. J. A. — POWELL, C. E. — GORDON, A. J.: The respiratory costs of nitrogen fixation in soybean, cowpea and white clover. II. Comparisons of the cost of nitrogen fixation and the utilization of combined nitrogen. *J. Exp. Bot.*, 30, 1979, s. 145-153.
- SCHUBERT, K. R. — EVANS, H. J.: Hydrogen evolution: a major factor affecting the efficiency of nitrogen fixation in nodulated symbionts. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 73, 1976, s. 1207-1211.
- ŠIMON, J. — ŠKRDLA, V.: Biomass production in peas (*Pisum sativum* L.) and broad beans (*Vicia faba* L.) and symbiotic dinitrogen fixation as affected by ploughing or no-tillage and nitrogen fertilizer. *Soil & Tillage Res.*, 3, 1983, s. 367-375.
- ŠKRDLA, V.: Vztah mezi minerálním dusíkem a symbiotickou fixací ovzdušného dusíku u leguminóz. *Stud. Inform. ÚVTIZ, Půdoznal. Melior.*, 1971, č. 6, 32 s.
- ŠKRDLA, V. — GAUDINOVÁ, A. — NAŠINEC, V. — NĚMCOVÁ, M. — NAŠINCOVÁ, V.: Fluctuations of nitrogenase and cytosol glutamine synthetase activity in pea (*Pisum sativum* L.) nodules in the course of vegetation. *Biol. Plant.*, 22, 1980, č. 6, s. 438-443.
- ŠKRDLA, V. — GAUDINOVÁ, A. — NĚMCOVÁ, M. — LISÁ, L.: Behaviour of nodulated *Pisum sativum* L. under short-term nitrate stress conditions. *Biol. Plant.*, 26, 1984b, in press.
- ŠKRDLA, V. — NAŠINEC, V. — HAVLOVÁ, M.: Vztah mezi redukcí acetylenu a některými ukazateli symbiotické fixace dusíku u hrachu (*Pisum sativum* L.). *Rostl. Výr.*, 22, 1976, č. 8, s. 881-888.
- ŠKRDLA, V. — NAŠINEC, V. — LISÁ, L. — GAUDINOVÁ, A. — NĚMCOVÁ, M.: Gross carbon respiratory costs of symbiotic dinitrogen fixation in peas (*Pisum sativum* L.). *Zbl. Mikrobiol.*, 139, 1984a, s. 147-155.
- WITTY, J. F. — MINCHIN, F. R. — SHEEHY, J. E.: Carbon costs of nitrogenase activity in legume root nodules determined using acetylene and oxygen. *J. Exp. Bot.*, 34, 1983, č. 145, s. 951-963.

Došlo dne 12. 6. 1984

ŠKRDLA, V. — NĚMCOVÁ, M. — LISÁ, L. — GAUDINOVÁ, A. (Institute of Experimental Botany, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha): *Root Respiration and Potential N₂ Fixation in Pea in relation to the Source of Nitrogen Nutrition*. *Rostl. Výr.*, 30, 1984 (11) : 1171-1178.

Biomass production, nodulation, nitrogenase C₂H₂-reducing activity, dihydrogen evolution and respiration of nodulated roots were followed in pea (*Pisum sativum* L., cv. Bohatýr) as influenced by plant age and constant nitrate levels (0, 0.63, 1.25 and 2.5 mM). Increasing nitrate concentration in the root environment was followed by increasing growth and maintenance respiration of nodulated roots, by decreasing respiratory costs of nitrogenase activity and by an increase in the plant biomass production. With 2.5 mM NO₃⁻ a potential N₂ fixation calculated on the basis of C₂H₂-reduction and H₂-evolution was sharply decreased.

nodulation; biomass production; nitrogenase C₂H₂-reducing activity; H₂-evolution

Adresa autorů:

RNDr. Vladimír Škrdla, CSc., Marie Němcová, Ludmila Lisá, prom. biologka, RNDr. Alena Gaudinová, oddělení fyziologie výživy rostlin, Ústav experimentální botaniky ČSAV, Ke dvoru 16, 166 30 Praha 6 - Vokovice

FIXACE ATMOSFÉRICKÉHO DUSÍKU A DENITRIFIKACE V TRAVNÍCH EKOSYSTÉMECH

B. Úlehlová, M. Šimek, K. Tesařík

ÚLEHLOVÁ, B. — ŠIMEK, M. — TESAŘÍK, K. (Ústav experimentální fyto-
techniky ČSAV; Ústav analytické a instrumentální chemie ČSAV): *Fixace
atmosférického dusíku a denitrifikace v travních ekosystémech*. Rostl. Vyr., 30,
1984 (11) : 1179-1184.

Byla stanovena závislost fixace atmosférického dusíku na vlhkosti přirozené
a 2 % glukózy obohacené půdy z lučních porostů v Kamenických. Závislost
je logaritmická a byly pro ni stanoveny rovnice. Byla měřena velikost fixace
atmosférického dusíku v půdním profilu do hloubky 20 cm u nehnojené a hno-
jené (100 kg N + PK) půdy. Největší fixace je v horní 4cm vrstvě půdních
profilů, s hloubkou i hnojením jí ubývá. Byla stanovena produkce N_2O a N_2
jako konečných produktů denitrifikace v půdě lučního porostu v Kamenických
obohacené o 1 % glukózy a 2 mg NO_3-N na 100 g půdy při 25, 35 a 55 % vlh-
kosti. Největší produkce CO_2 i N_2O a N_2 byla při 35 % vlhkosti. Při 55 % vlh-
kosti byla produkce N_2O a N_2 v obohacené půdě jen o málo nižší. Při 25 %
vlhkosti byl podíl N_2O 67 %, při 35 % vlhkosti byl 60 % a při 55 % vlhkosti
již jen 32 %.

fixace atmosférického dusíku; denitrifikace; travní ekosystémy; půdní vlhkost;
podíl N_2O a N_2

Znát velikost vstupů, tj. fixace atmosférického dusíku a výstupů,
tj. denitrifikace do a z ekosystémů, je nezbytné pro sestavení koloběhu
dusíku. Oba procesy mají některé společné rysy: provádějí je půdní
mikroorganismy, probíhají lépe za vysoké půdní vlhkosti, provádějí je
převážně heterotrofní organismy, protože citlivě reagují na přidávek
energetických zdrojů. Enzymy zprostředkující oba procesy, nitrogenáza
a reduktázy, jsou reprimované v přítomnosti kyslíku.

Některé bakterie jako např. *Azospirillum brasilense*, *Rhodopseudo-
monas sphaeroides* a některá *Rhizobia* umí jak fixovat atmosférický du-
sík, tak denitrifikovat (Zablatowicz et al., 1978; Knowles,
1981). Ekologie ani balance obou procesů u zmíněných organismů ne-
jsou dosud známy.

Fixace atmosférického dusíku a denitrifikace byly studovány v pů-
dách lučních porostů v Kamenických (Šimek et al., 1983; Munzarová
et al., 1983). V předložené práci uvádíme některé další výsledky
studia obou procesů, a to závislost fixace na vlhkosti půdy a na přidav-
ku energetického zdroje, velikost fixace v půdním profilu u nehnojených
a hnojených půd a závislost produkce plyných složek denitrifikace
 CO_2 , N_2O a N_2 na vlhkosti půdy a na obohacení půdy o energetické
zdroje.

MATERIÁL A METODY

Vzorky půd pro stanovení velikosti fixace atmosférického dusíku byly odebírány v letech 1978 a 1979 z travního společenstva *Polygalo-Nardetum*, a to z varianty nehnojené a hnojené 100 kg N, 22 kg P a 41,5 kg K na ha za rok v Kamenických na polním pokuse katedry pícninářství VŠZ v Brně. Na lokalitě je oglejená půda písčitohlinitá (pH 4,7, celkový N 0,61 %, $\text{NH}_4\text{-N}$ 7,6 mg na 100 g suché půdy, $\text{NO}_3\text{-N}$ 1,1 mg na 100 g suché půdy).

Půdy byly odebírány ve formě bloků 30 × 30 × 30 cm. Po převezení do laboratoře byly z těchto bloků odstraněny nadzemní části rostlin a byly odebrány pracovní monolity tvaru válce o průměru 3 cm a výšce 4 cm.

Pro studium vlivu půdní vlhkosti na velikost fixace dusíku byly vzorky odebrány z vrstvy 0—4 cm půdního profilu z půdních bloků odebraných 4. 10. 1978 na nehnojené variantě. Tyto vzorky byly rozdrobeny na agregáty velikosti do 5 mm, částečně na vzduchu vysušeny a poté ovlhčovány na různé vlhkosti, vždy tři opakování pro každou vlhkost. Paralelně byly vzorky o stejné vlhkosti obohaceny 2 % glukózy. Půdní vlhkost je uváděna jako % hmotnosti vody z hmotnosti půdy na vlhkém stavu.

Pro studium velikosti fixace v půdním profilu do hloubky 20 cm byly vzorky odebírány vždy po 4 cm hloubky, tj. z hloubek 0—4, 4—8, 8—12, 12—16 a 16—20 cm, z půdních bloků odebraných 25. 5. 1979 z varianty nehnojené a z varianty hnojené 100 kg N + PK a to po čtyřech opakováních z každé hloubky půdy.

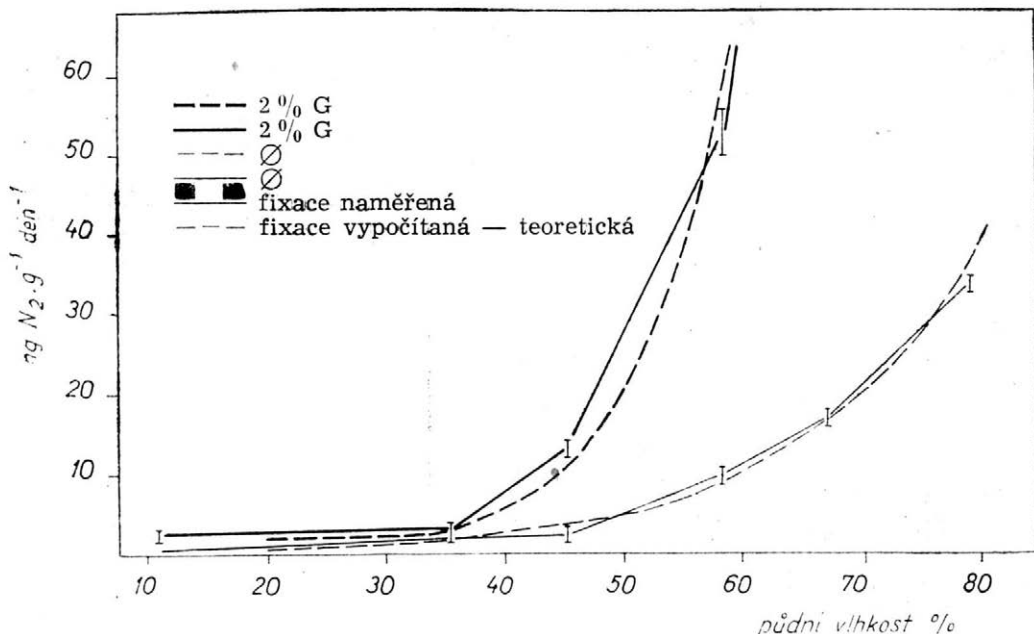
Stanovení fixace dusíku bylo prováděno nepřímou metodou acetylenové redukce, kterou modifikovala pro naše podmínky Albrechtová (1977) a kterou podrobně popisují Šimek et al. (1983). Během měření byly vzorky inkubovány v atmosféře o složení 20 % objemu kyslíku a 80 % objemu argonu při laboratorní teplotě po dobu 48 hodin (studium vlivu půdní vlhkosti na fixaci) nebo 72 hodin (studium fixace v půdním profilu). Pro přepočet etylénu na dusík byl použit převodní faktor 3 : 1.

Půda pro stanovení denitrifikace byla odebírána z nehnojené varianty z půdní vrstvy 0—15 cm v Kamenických na polním pokuse v květnu 1980. Půda byla po přenesení do laboratoře vysušena, přesáta přes 3 mm síto a 200 g navážky suché půdy v sérovkách bylo použito pro inkubace a analýzy. Vlhkost půdy byla upravena přidáním destilované vody na 25, 35, 55 % vlhkosti. Ke všem půdám byly přidány 4 g $\text{NO}_3\text{-N}$, takže výchozí koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ byla 3,1 g $\text{NO}_3\text{-N}$ na 100 g suché půdy. K polovině vzorků bylo přidáno 1 % glukózy.

Měření denitrifikace bylo prováděno inhibiční acetylenovou metodou podle Fedorové et al. (1973), kterou jsme detailně popsali dříve (Munzarová a Úlehlová, 1980; Munzarová et al., 1983). Preinkubace nebyly prováděny, pracovalo se v heliové atmosféře a do poloviny lahvi u každé varianty byl přidán acetylen v množství odpovídajícím parciálnímu tlaku 15 kPa. Kysličník uhlíčitý byl pohlčován a jímán ve 4N roztoku KOH a na konci pokusu stanoven titračně. Množství $\text{NO}_3\text{-N}$ na začátku a na konci pokusu bylo stanoveno kolorimetricky s kyselinou fenoldisulfonovou. Produkce N_2O a N_2 byla stanovována ve 24hodinových intervalech plynově chromatograficky. Metoda stanovení i výpočty množství N_2O a N_2 byly popsány dříve (Munzarová et al., 1983). Každá varianta pokusu měla tři opakování a každé měření bylo prováděno třikrát.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky sledování vlivu různé půdní vlhkosti na velikost fixace uvádí obr. 1. V obrázku jsou zakresleny průměry a směrodatné odchylky ze tří opakování. Jsou uvedeny fixační aktivity půdy přirozené a půdy obohacené o 2 % glukózy. Z obrázku je patrné, že se vzrůstající vlhkostí se zvyšuje velikost fixace. U glukózou neobohacených vzorků nebyla při 11 % vlhkosti fixace zjištěna, při vlhkosti 79 % byla fixace 34,2 ng N_2 g⁻¹ den⁻¹. Nárůst fixace je zvláště velký u vzorků obohacených glukózou. Zatímco při vlhkosti 11 % byla fixace 2,3 ng N_2 g⁻¹ den⁻¹, při vlhkosti 79 % vzrostla na 2730 ng N_2 g⁻¹ den⁻¹, tedy téměř 1200×. Při



1. Vztah mezi vlhkostí a fixací atmosférického dusíku u neobohacených a obohacených (2 % glukózy) půd z Kameniček — The relationship between moisture content and atmospheric nitrogen fixation in non-enriched and 2% glucose enriched soils of Kameničky

vlhkosti 79 % byla fixace u glukózou obohacených vzorků 80 X větší než u neobohacených vzorků.

Studovaná závislost fixace na vlhkosti půdy je funkcí typu: $\ln y = a + b x$, kde y je fixace v $\text{ng N}_2 \text{ g}^{-1} \text{ den}^{-1}$ a x je půdní vlhkost v %. Pro přirozenou půdu platí:

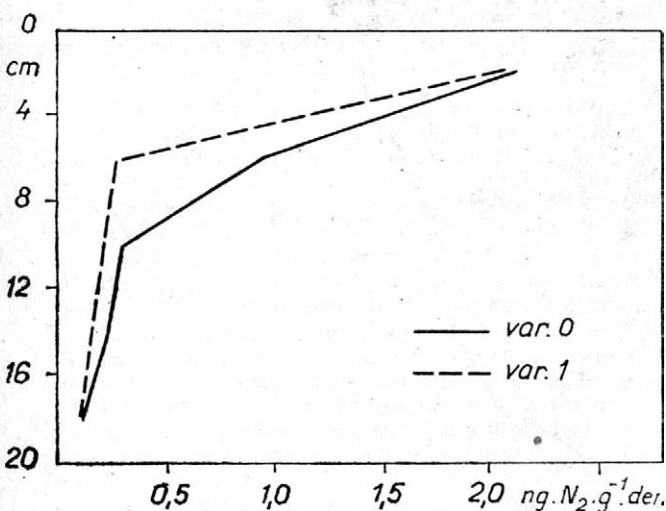
$$\ln y = -2,085 + 0,072 x,$$

pro půdu obohacenou 2 % glukózy platí:

$$\ln y = -3,453 + 0,129 x.$$

Vypočtené křivky jsou zaneseny v obr. 1 jako tzv. „fixace teoretická“. Je zřejmá dobrá shoda mezi naměřenými hodnotami a vypočtenými funkcemi.

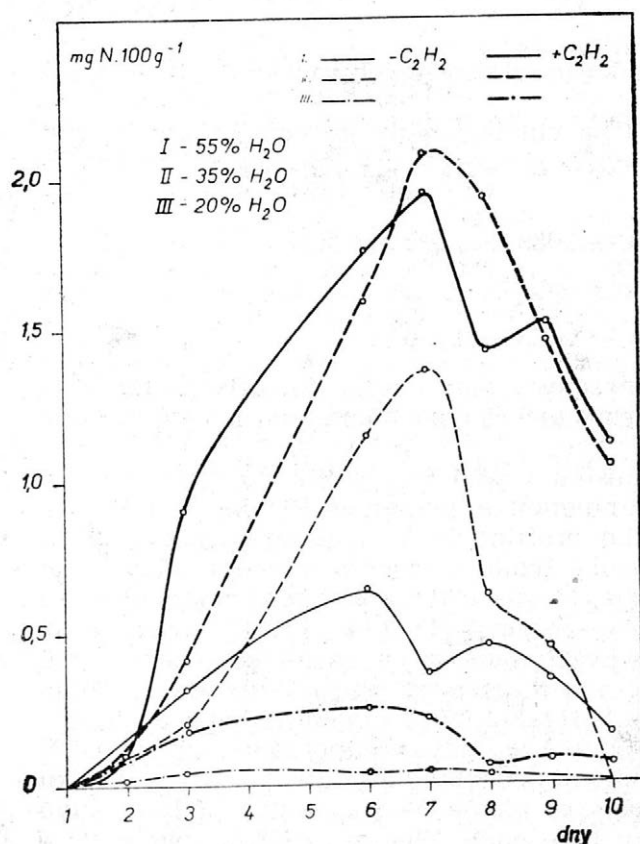
Výsledky měření fixace dusíku v půdním profilu do 20 cm udává obr. 2, a to pro variantu nehnojenou a hnojenou 100 kg N + PK na ha za rok. S hloubkou půdního profilu klesá poměrně rychle velikost fixace, a to u obou variant. Vysoká fixace v povrchové vrstvě půdy (0 až 4 cm) je zřejmě důsledkem toho, že zde existují příhodné podmínky pro fixátory dusíku. U studovaného porostu Budík [1978] uvádí silný výskyt fixátorů dusíku na pochvách listů a na bazálních částech trsů trav. Budík [1978] rovněž zjistil výrazný rhizosferní efekt. Podle výsledků Ůlehlové et al. [1981] kořenová hmota směrem do hloubky půdního profilu rychle ubývá. Lze tedy předpokládat, že ve větší hloubce půdního profilu se zhoršují podmínky pro život fixátorů dusíku zejména tím, že ubývají energetické zdroje. Vrchní vrstva půdy je silně prokořeněná a hromadí se v ní také opad. Tím se rozšiřuje poměr C : N



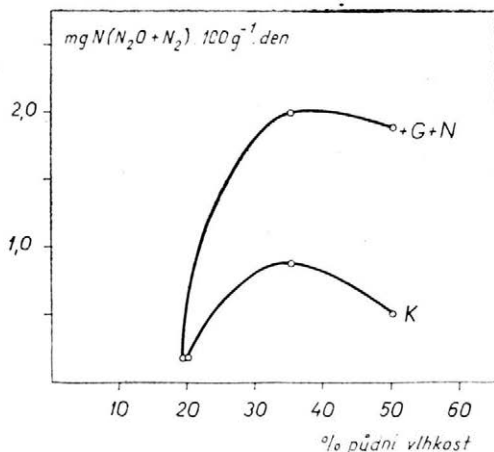
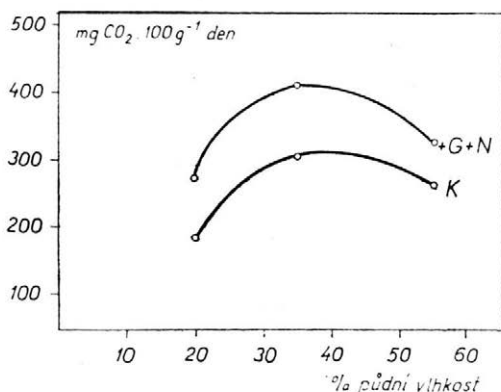
2. Fixace atmosférického dusíku v různých hloubkách profilů nehněných a hnojených půd z Kameníček — The fixation of atmospheric nitrogen at various depths of profile in the unfertilized and fertilized soils of Kameníčky

v této vrstvě půdy. To vše vytváří příznivé podmínky pro rozvoj fixátorů dusíku.

Příklad časového průběhu měření denitrifikace bez a s přidavkem acetylénu u půdy z Kameníček obohacené 1 g glukózy a 2 mg NO_3-N na 100 g suché půdy udává graf 3. Nejvyšších hodnot produkce plynů dusíku bylo dosahováno pátý až sedmý den inkubace. Potom se



3. Časový průběh denitrifikace bez acetylénu a s přidavkem acetylénu v půdě Kameníček při různých vlhkostech — The time pattern of denitrification without acetylene and with an acetylene addition in the Kameníčky soil at different moisture contents



4. Závislost produkce CO₂ a N₂O + N₂ na vlhkosti v půdě Kamenického bez a s přidavkem glukózy v pokusech s denitrifikací — The relation of CO₂ and N₂O + N₂ production to the moisture content in the Kamenický soil without and with glucose addition in the trials with denitrification

produkty denitrifikace zřejmě v důsledku fyzikálních a metabolických změn snižovaly.

Graf 4 udává závislost produkce CO₂ a plyných forem dusíku N₂O a N₂ na vlhkosti jednak přirozené luční půdy v Kamenických (K) jednak obohacené o glukózu a nitráty (+G+N). Při 35% vlhkosti půdy byla nejvyšší produkce jak CO₂, tak plyných forem dusíku z půdy. Při 25% vlhkosti půdy je produkce plyných forem dusíku z půdy minimální. Při 55% vlhkosti se výrazně snižuje produkce CO₂ z půdy, ale jen málo se snižuje denitrifikace. Přídavek energetického zdroje k půdě zvyšuje produkci CO₂, ale ještě výrazněji produkci plyných forem dusíku zvláště při vyšších vlhkostech. Z toho vyplývá, jaké ekologické podmínky jsou vhodné pro denitrifikaci.

U půd, obohacených o glukózu a NO₃-N se při 25% vlhkosti za 10 dní naprodukovalo 0,25 mg 100 g⁻¹ plyných produktů denitrifikace, z toho 67 % tvořil N₂O a 33 % N₂. Při 35% půdní vlhkosti se naprodukovalo již 1,99 mg 100 g⁻¹ půdy plyných N-produktů a z toho 60 % tvořil N₂O a 40 % N₂; při nejvyšší vlhkosti (55 %) byla produkce N plynů 1,89 mg 100 g⁻¹ půdy a jen 32 % bylo ve formě N₂O a 68 % bylo ve formě N₂. Z uvedeného a z dřívějších naměřených údajů (Munzarová et al., 1983) vyplývá, že při různých vlhkostech a při různých množstvích energetických zdrojů v půdě jsou množství i podíly N₂O a N₂ jako produktů denitrifikace velmi odlišné.

Literatura

- ALBRECHTOVÁ, M.: Příspěvek ke studiu fixační aktivity nitrogenázy. (Dipl. práce.) PF UK Praha, 1977, s. 1-73.
 BUDÍK, M.: Mikroflóra spojená s *Nardus stricta*. (Rigor. práce.) PF UP Olomouc, 1978, s. 1-93.
 FEDOROVA, R. I. — MILEKHINA, E. I. — ILYUKHINA, N. I.: Evaluation of the method of "gas metabolism" for detecting extraterrestrial life. Izv. AN SSSR, Ser. biol., 6, 1973, s. 797-806.
 KNOWLES, R.: Denitrification. In: CLARK, F. E. — ROSSWALL, T. (eds.): Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecol. Bull., Stockholm, 33, 1981, s. 315-329.

MUNZAROVÁ, M. — ÚLEHLOVÁ, B.: Stanovení denitrifikace půdy metodou acetylenové inhibice. In: Zborník referátov zo seminára, VÚLP Banská Bystrica, 20.—21. III. 1980, s. 258-270.

MUNZAROVÁ, M. — TESAŘÍK, K. — ÚLEHLOVÁ, B.: Vliv vlhkosti na velikost ztrát dusíku denitrifikací z luční půdy. Rostl. Výr., 29, 1983, č. 7, s. 679-689.

ŠIMEK, M. — ÚLEHLOVÁ, B. — TESAŘÍK, K.: Vliv některých ekologických a agronomických faktorů na fixaci atmosférického dusíku v lučních ekosystémech. Rostl. Výr., 29, 1983, č. 7, s. 673-678.

ÚLEHLOVÁ, B. — HALVA, E. — VRÁNA, M.: Vliv stupňované úrovně hnojení na rozložení kořenové hmoty v půdách některých travních porostů. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 11, s. 1191-1198.

ZABLOTOWICZ, R. M. — ESKEW, D. L. — FOCHT, D. D.: Denitrification in Rhizobium. Can. J. Microbiol., 24, 1978, s. 757-760.

Došlo dne 12. 6. 1984

УЛЕГЛОВА, Б. — ШИМЕК, М. — ТЕСАРЖИК, К. (Институт экспериментальной фитотехники ЧСАН, Брно; Институт аналитической и инструментальной химии ЧСАН, Брно): Фиксация атмосферного азота и его денитрификация в травяных экосистемах. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1179-1184.

Определялась зависимость фиксации атмосферного азота от естественной влажности и 2 % глюкозы обогащенной почвы из луговых травостоев в Каменичках. Зависимость оказалась логарифмической, для которой установлены уравнения. При этом измерялся размер фиксации атмосферного азота в почвенном профиле до глубины 20 см у необогащенной и обогащенной (100 кг N + PK) почв. Больше всего его фиксируется в верхнем 4-сантиметровом слое почвенных профилей, с глубиной и удобрением фиксация уменьшается. Была установлена продукция N_2O и N_2 в качестве финальных продуктов денитрификации в почве лугового травостоя в Каменичках, обогащенной 1 % глюкозы и 2 мг NO_3-N на 100 г почвы при 25, 35 и 55 %-ной влажности. Самая большая продукция CO_2 , N_2O и N_2 была при 35 % влажности. При 55 % влажности продукция N_2O и N_2 в обогащенной почве была немного меньшей. При 25 % влажности доля N_2O равнялась 67 %, при 35 %—60 % и при 55 % влажности — только 32 %.

фиксация атмосферного азота; денитрификация; травяные экосистемы; почвенная влажность; доля N_2O и N_2

ÚLEHLOVÁ, B. — ŠIMEK, M. — TESAŘÍK, K. (Institute of Experimental Phytotechnology, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno, Institute of Analytical and Instrumental Chemistry, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno): Fixation of Atmospheric Nitrogen and Denitrification in Grassland Ecosystems. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1179-1184.

The relationship of atmospheric nitrogen fixation to the moisture content of soil and soil enriched with 2 % glucose was determined in the grasslands at Kamenický. The relationship is logarithmic and the equations were determined. Atmospheric nitrogen fixation was measured in the soil profile within the depth of 20 cm in fertilized (100 kg N + PK) and unfertilized soil. The highest fixation was recorded in the upper 4cm layer of soil profiles; the fixation decreases with depth and with fertilization. The production of N_2O and N_2 as the final products of denitrification was determined in the soil of grassland at Kamenický enriched with 1 % of glucose and with 2 mg NO_3-N per 100 g of soil, moisture content of the soil was 25, 35 and 55 %. The highest production of CO_2 as well as N_2O and N_2 was recorded at the 35 % moisture content. The N_2O and N_2 production in enriched soil was just little lower at 55 % moisture content. When the moisture content was 25 %, the proportion of N_2O was 67 %, at a 35 % moisture content it was 60 % and at a 55 % moisture it was only 32 %.

atmospheric nitrogen fixation; denitrification; grassland ecosystems; soil moisture; proportions of N_2O and N_2

Adresy autorů:

RNDr. Blanka Úlehlová, CSc., ing. Miloslav Šimek, Ústav experimentální fyto-techniky ČSAV, Stará 18, 662 61 Brno

RNDr. Karel Tesařík, Ústav analytické a instrumentální chemie ČSAV, Lenínova 82, 662 28 Brno

E. Kopčanová, V. Řehořková, T. Števlíková

KOPČANOVÁ, E. — ŘEHOŘKOVÁ, V. — ŠTEVLÍKOVÁ, T. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Regulácia premien dusíka inhibítorom nitrifikácie N-Serve*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1185-1190.

V troch vegetačných obdobiach ozimnej pšenice (1980—1983) sme sledovali inhibíciu nitrifikácie prípravkom N-Serve. Po predsejbovom pohnojení síranom amónnym inhibítor brzdil nitrifikačný proces 5 až 7 týždňov podľa vlhkostných a teplotných podmienok v jeseni. Cez zimné obdobie sa uchovala podstatná časť nezoxidovaného amoniaku, kým dusík znitrifikovaný do príchodu zimy sa u variantov bez inhibítora do jari z hĺbky 0,24 m vyplavil. Jarná aplikácia prípravku s druhou polovicou dusíkatého hnojiva vplyvom vyšších teplôt skrátila dobu inhibície nitrifikácie na 3 až 5 týždňov. V poľných podmienkach sa potvrdila špecifickosť účinku prípravku N-Serve.

inhibícia nitrifikácie; N-Serve; špecifickosť účinku inhibítora; ozimná pšenica

Jednou z najväčších príčin znižovania efektívnosti dusíkatých hnojív je nadmerná nitrifikácia v našich najúrodnejších pôdach. Nitrátový dusík sa z pôdneho systému stráca vyplavením, biologickou i chemickou denitrifikáciou. Straty aplikovaného dusíka týmito cestami môžu dosahovať 30 až 50 %. Pretože biologickú tvorbu nitrátov nie je možné obmedziť agrotechnickými zásahmi, vyvíjajú sa v celosvetovom meradle syntetické inhibítory nitrifikácie. Mnohé z nich boli preskúšané aj u nás (Balík, 1982; Lišťaňská, 1983; Balík et al., 1984). Ako najúčinnější sa prejavil inhibítor N-Serve (2-chlór-6-/trichlórmetyl/pyridín), ktorý sme v predloženej práci použili aj my.

MATERIÁL A METÓDY

V rokoch 1980—1983 v troch vegetačných obdobiach ozimnej pšenice sme sledovali vplyv inhibítora nitrifikácie N-Serve na premeny dusíka a na základné spoločenstvá pôdnych mikroorganizmov. Poľný pokus mal štyri základné varianty rozdelené do 12 subvariantov (tab. I).

Subvarianty: a — bez inhibítora, b — 2 % inhibítora, c — 3 % inhibítora.

Polovica dusíka vo forme síranu amónneho bola aplikovaná pred sejbou, druhá polovica vo forme liadku vápenato-amónneho medzi druhou a tretou etapou organogenézy ozimnej pšenice.

Z poľného pokusu sme odobrali pôdne vzorky do hĺbky 0,24 m päť ráz od sejby do príchodu zimy, šesť ráz v druhej polovici vegetácie. Ich analýzou sme preverovali účinnosť prípravku (inhibíciu nitrifikácie) a špecifickosť účinku (vplyv na základné cenózy pôdnych mikroorganizmov).

Varianty	Dávky čistých živín v kg . ha ⁻¹		
	N	P	K
I. (kontrola)	0	0	0
II.	110	47,8	91,3
III.	140	60,9	116,2
IV.	170	60,9	116,2

Druhy analýz:

- množstvo $\text{NH}_4^+\text{-N}$ v čerstvých pôdnych vzorkách a po trojtýždennej kultivácii kolorimetricky s Nesslerovým činidlom,
- množstvo $\text{NO}_3^-\text{-N}$ v čerstvých pôdnych vzorkách a po trojtýždennej kultivácii kolorimetricky s kyselinou fenoldisulfónovou,
- počet baktérií na Thorntonovom agare,
- počet mikroskopických húb na agare Czapek-Dox,
- počet aktinomycét na Thorntonovom agare.

Pre sledovanie inhibítora sme overovali vhodnosť pôdy vybraného stanovišta, intenzitu nitrifikácie, % C_{ox} , % N_{tot} a $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$.

VÝSLEDKY

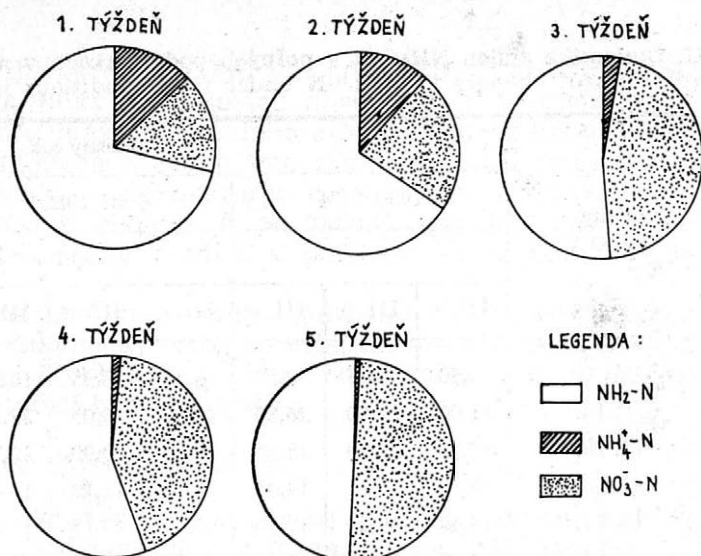
Pre veľký rozsah získaných údajov uvádzame zovšeobecnenie poznatkov a niekoľko príkladov na ilustráciu.

MIKROBIOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA STANOVIŠŤA

Pôda pokusného stanovišta-experimentálnej bázy VŠP Nitra je hnedozem. Obsahuje priemerne 1,1 % C_{ox} , 0,12 % N_{tot} , má slabo kyslú reakciu, ktorá sa s postupujúcimi rokmi zvyšovala z pH 6,2 na 5,6 a nižšiu plnú vodnú kapacitu (34–38 %). Chemické a fyzikálne vlastnosti ovplyvnili početnosť a zloženie jednotlivých spoločenstiev komplexnej mikrobiocenózy. Spoločenstvo baktérií sa udržiavalo rádovo v rozpätí 10^6 až 10^8 v 1 g zeminy, čo korešponduje s inými úrodnými pôdami. Nižší bol počet aktinomycét (10^2 – 10^3) a mikroskopických húb (10^3), medzi ktorými prevládal rod *Penicillium*, rod *Arspergillus* bol zastúpený len sporadicky. Zjednodušenie skladby mykocenózy, ktorej sa v súčasnosti pripisuje najdôležitejšia úloha pri premene hmoty a energie, môže signalizovať porušenie homeostázy pôdneho života a začiatok pôdnej únavy.

Menšej zásobe pôdneho organického dusíka zodpovedalo pomalšie uvoľňovanie $\text{NH}_4^+\text{-N}$, ktorý sa súbežne nitrifikoval. Počas piatich týždňov inkubácie sa vytvorilo v nehnojenej zemine 10 až 12 mg $\text{NO}_3^-\text{-N}$. Nemerateľné množstvá amoniaku a postupné pribúdanie nitrátov umožnili predpokladať, že pôda pokusného stanovišta má dobrú nitrifikačnú aktivitu a bude vhodná na sledovanie inhibície nitrifikácie prípravkom N-Serve. Na overenie tohto predpokladu sme aplikovali do pôdnych

1. Dynamika mineralizácie močoviny (100 mg dusíka na 1 kg zeminy) — Dynamics of urea mineralization (100 mg nitrogen per 1 kg of soil)



vzoriek močovinu a počas piatich týždňov sledovali priebeh premien amidického dusíka na amoniakálny a nitrátový dusík. Močovina sa najintenzívnejšie mineralizovala v prvom týždni inkubácie, v štvrtom a v piatom týždni bol tento proces podstatne pomalší. Na konci inkubácie predstavoval zmineralizovaný dusík približne polovicu aplikovaného dusíka, ale v dôsledku dobrej nitrifikácie bol tento už vo forme $\text{NO}_3^-\text{-N}$ (obr. 1). Týmto sa potvrdila vhodnosť zvoleného stanovišťa na dosiahnutie požadovaného cieľa.

ÚČINNOSŤ INHIBÍTORA N-SERVE

Prípravok N-Serve v laboratórnych i poľných podmienkach brzdil preukazne biologickú oxidáciu amónnych iónov z dodaných hnojív a uvoľňovaných z pôdnych organických dusíkatých látok.

V laboratórnych podmienkach sa prejavil vplyv inhibítora veľmi výrazne v znížení množstva nitrátov a v uchovaní amónnych iónov v porovnaní s neošetrenými kontrolami (subvarianty a). V poľných podmienkach je situácia podstatne zložitejšia, účinok bol závislý od mnohých ekologických faktorov a intenzity, či od prevahy ich pôsobenia. V prvom rade to boli poveternostné podmienky pokusných rokov, viac alebo menej vhodné pre dobrú aktivitu nitrifikačných baktérií. Pri dobrej zásobe pôdnej vody a pri primeranej teplote sa inhibítor prejavil dôraznejšie, a to podstatnejšie v zadržaní aplikovaného dusíka vo forme $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ako v obmedzení množstva nitrátov, ktoré podliehajú v pôdnom profile dynamickejšim zmenám, migrácii mimo koreňovej zóny až vyplaveniu, biologickej sorpcii a denitrifikácii. Tieto faktory znižovali obsah nitrátového dusíka aj v kontrolných variantoch, takže porovnávanie len tejto formy dusíka medzi variantmi nepostačuje na posúdenie účinnosti prípravku. Rozhodujúcejším je porovnávanie amónnej formy, ktorá sa v pôde lepšie zadrzuje. Ako príklad uvádzame hodnoty oboch foriem dusíka z III. variantu poľného pokusu, kde bola použitá stredná dávka dusíka $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. II, III).

Priame pôsobenie inhibítora po predsejbovej aplikácii s hnojivami (22. IX.) trvalo podľa teplotných a vlhkostných pomerov pokusného ro-

II. Dynamika zmien $\text{NH}_4^+\text{-N}$ v poľných podmienkach v mg na 1 kg zeminy — The dynamics of changes in $\text{NH}_4^+\text{-N}$ under field conditions in mg per 1 kg of soil

Dátum odberu	Pokusný rok								
	1980/1981			1981/1982			1982/1983		
	Variant								
	III. a	III. b	III. c	III. a	III. b	III. c	III. a	III. b	III. c
29. 9.	3,50	5,35	2,55	5,75	18,35	10,20	18,80	20,20	27,60
6. 10.	11,00	17,60	26,80	10,40	26,05	22,35	18,40	16,90	24,10
13. 10.	19,65	32,10	45,85	1,20	10,90	22,75	13,60	44,60	40,70
27. 10.	18,70	19,25	14,05	1,60	11,10	16,45	30,90	52,20	55,20
10. 11.	14,60	18,20	17,10	4,55	10,15	11,15	4,80	20,10	22,50
8. 4.	4,75	18,60	28,65	3,50	4,55	5,30	3,00	27,30	17,20
15. 4.	11,80	20,40	16,40	5,80	2,95	1,75	13,30	23,80	24,60
29. 4.	9,70	22,70	10,65	0,90	1,20	1,35	0,00	2,20	15,00
12. 5.	2,10	3,50	13,35	2,05	19,75	13,70	0,00	2,10	2,20
1. 6.	15,95	18,85	26,90	1,40	3,70	6,95	0,00	2,70	2,30
14. 7.	0,00	1,75	0,00	0,40	3,05	1,95	0,30	10,80	9,20

III. Dynamika zmien $\text{NO}_3^-\text{-N}$ v poľných podmienkach v mg na 1 kg zeminy — The dynamics of changes in $\text{NO}_3^-\text{-N}$ under field conditions in mg per 1 kg of soil

Dátum odberu	Pokusný rok								
	1980/1981			1981/1982			1982/1983		
	Variant								
	III. a	III. b	III. c	III. a	III. b	III. c	III. a	III. b.	III. c
29. 9.	3,45	2,55	2,05	8,55	5,60	4,70	13,10	15,90	17,30
6. 10.	1,15	1,45	0,95	17,25	4,85	3,15	15,20	16,40	12,10
13. 10.	2,05	1,75	1,15	5,60	6,90	2,65	12,40	8,00	6,80
27. 10.	8,75	6,60	6,65	4,05	8,60	2,10	8,50	2,80	2,70
10. 11.	2,70	1,15	1,30	9,10	13,20	2,05	7,90	6,20	5,00
8. 4.	1,80	1,05	0,95	1,75	1,55	1,25	1,00	0,80	0,00
15. 4.	4,20	3,65	3,05	2,90	2,25	4,60	7,30	3,30	2,80
29. 4.	10,00	4,15	5,50	1,25	1,15	2,05	0,40	0,20	0,30
12. 5.	1,15	1,05	7,35	2,10	1,20	4,60	0,00	0,00	0,00
1. 6.	2,00	1,00	1,00	0,80	0,75	0,55	0,50	0,50	0,20
14. 7.	1,75	1,85	1,80	1,25	0,45	1,10	3,80	1,00	0,80

ka 5 až 7 týždňov pri dávke dusíka $110 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 7 týždňov pri dávke 140 a $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, prakticky do polovice novembra. V pôdnych vzorkách odobratých v tomto mesiaci pre laboratórne stanovenie ďalšieho pretrvávania účinku inhibítora N-Serve sme inhibičný vplyv už nepozorovali. Nepriamo pôsobenie — uchovávanie dusíka v amónnej forme — pretrvávalo cez celé zimné obdobie a po jarnej aplikácii dusíkatého hnojiva s inhibítorom sa účinok predlžil v podstate až do konca vegetácie.

Vysoká koncentrácia amónnych iónov zadržaná v pôde vplyvom inhibítora u tretieho, ale hlavne u štvrtého variantu, mala aj niektoré negatívne dôsledky. Toxický vplyv sa prejavil žltnutím porastu v jarnej obdobi a znížením početnosti bakteriocenózy.

ŠPECIFIČNOSŤ ÚČINKU INHIBÍTORA N-SERVE

Od syntetických inhibítorov nitrifikácie sa požaduje, aby brzdili len prvú fázu nitrifikácie, oxidáciu amoniaku na nitrity, ale neovplyvňovali ostatnú pôdnu mikrofóru.

Naše trojročné výsledky potvrdili špecifičnosť prípravku N-Serve. Rozdiely v početnosti húb a aktinomycét medzi variantmi ošetrovanými prípravkom a kontrolnými variantmi neboli štatisticky preukazné ani pri 3% koncentrácii inhibítora. Pri bakteriálnom spoločenstve bola premenlivosť väčšia. Pri dávkach dusíka 140 a $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ bolo možné pozorovať čiastočný negatívny vplyv na subvariantoch s inhibítorom, ktorý však netrval počas celej vegetácie. Len v dvoch prípadoch nastal pokles počtu baktérií o 1 rád pri 3% koncentrácii prípravku, ale v priebehu 1 mesiaca bol rozdiel už vyrovnaný. Tento negatívny vplyv možno prisúdiť skôr zvýšenej koncentrácii amoniaku ako aktívnym substanciami inhibítora N-Serve.

DISKUSIA

Využitelnosť dusíkatých hnojív kultúrnymi rastlinami je podstatne nižšia ako sa predpokladalo; dosahuje 35 až 50 % (S m i r n o v, 1977; K n o p, 1983). Ak zásoba minerálnych foriem dusíka v pôde prevyšuje možnosti jeho biologickej sorpcie, či už porastom alebo pôdnou mikrofórou, zintenzívňujú sa mechanizmy, prostredníctvom ktorých sa dusík zo systému stráca a jeho využitelnosť klesá.

Použitím inhibítora N-Serve sa v poľných podmienkach obmedzila tvorba nitrátov zo síranu amónneho na 5 až 7 týždňov do príchodu zimy, po jarnej aplikácii liadku vápenatoamónneho na 3 až 5 týždňov. V laboratórnych podmienkach pri inkubácii pôdnych vzoriek pri teplote 25°C nastala obnova nitrifikácie už za 2 až 3 týždne, čo sa zhoduje s údajmi autorov Shattuck a Alexander (1963). K aktivizácii nitrifikačných baktérií môže dochádzať jednako v dôsledku rozpadu prípravku v závislosti od teploty, jednako adaptáciou baktérií na zmenené prostredie prítomnosťou inhibítora. Okrem toho v poľných podmienkach ešte vždy zostáva nitrifikačným baktériám k dispozícii voľný priestor neošetrenej pôdy, napomáhajúci regenerácii tejto mikrofóry.

Inhibítor N-Serve sa pri pestovaní ozimnej pšenice ukázal perspektívnym, ale len po dávku 110 až 120 kg dusíka na ha. Rovnaké úrody sa dosiahli pri dávke 120 kg dusíka na ha bez inhibítora a pri zníženej

dávke dusíka o $1/3$ s inhibítorom (Kopčanová, 1983). Pri vyšších dávkach dusíkatých hnojív dochádza vplyvom inhibítora k dlhotrvajúcej zvýšenej koncentrácii amónnych iónov, ktorá na jednej strane vytvára podmienky pre vyprchávanie amoniaku, hlavne pri nedostatku zrážok a pri vyšších teplotách, na druhej strane sú tieto ióny toxické pre rastliny (Lišťanská a Apltauer, 1979).

Sledované spoločenstvá baktérií, aktinomycét a húb inhibítor N-Serve negatívne neovplyvnil, čím sa zhodne s inými autormi potvrdila špecifičnosť jeho účinku (Hickisch a Kopčanová, 1977).

Význam použitia inhibítora nitrifikácie okrem zvýšenia využiteľnosti dusíka spočíva aj v skutočnosti, že nedochádza k zvýšenej asimilácii a akumulácii nitrátov v rastlinách (Matousch, 1983), ale zvyšuje sa imobilizácia aplikovaného dusíka do pôdnej organickej hmoty (Balík, 1982).

Literatúra

- BALÍK, J.: Príspevek k bilanci dusíku (^{15}N) v pôde a jeho využití rastlinami. [Kand. dis. práce.] Praha 1982.
- BALÍK, J. — KNOP, K. — VANĚK, V.: Vliv inhibitorů nitrifikace na využití dusíku močovinou jarním ječmenem. *Agrochémia*, 24, 1984, č. 3, s. 69-71.
- HICKISCH, B. — KOPČANOVÁ, L.: Der Einfluss von N-Serve auf mineralische Stickstoffformen sowie Mikroorganismen des Bodens. *Zbl. Bakt.*, II, 132, 1977, s. 497-504.
- KNOP, K.: Výnosy, kvalita produkce a životní prostředí ve vztahu k dusíku hnojiv a půdy. In: *Sb. ČSAZ*, 69, 1983, s. 10-18.
- KOPČANOVÁ, L.: Vplyv inhibítora nitrifikácie N-Serve na dynamiku minerálnych foriem dusíka a úrodu ozimnej pšenice v okrese Dunajská Streda. [Záv. správa.] Nitra, 1983.
- LIŠŤANSKÁ, J. — APLTAUER, J.: Výsledky výzkumu účinnosti inhibitorů nitrifikace. *Agrochémia*, 5, 1979, s. 134-136.
- LIŠŤANSKÁ, J.: Možnosti ovlivnění přeměny dusíku v půdě působením inhibitorů nitrifikace. In: *Sb. ČSAZ*, 69, 1983, s. 122-126.
- MATOUSCH, O.: Vliv hnojení dusíkem na výnos a obsah dusičnanů ve špenátu při použití inhibitorů nitrifikace N-Serve. In: *Sb. ČSAZ*, 69, 1983, s. 76-79.
- SHATTUCK, G. E. — ALEXANDER, M.: A differential inhibitor of nitrifying microorganisms. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 27, 1963, s. 600-601.
- SMIRNOV, P. M.: Problemy azota v zemledeliji i rezul'taty issledovanij s ^{15}N . *Agrochimija*, 1, 1977, s. 3-25.

Došlo dňa 12. 6. 1984

KOPČANOVÁ, L. — ŘEHOŘKOVÁ, V. — ŠTEVLÍKOVÁ, T. (University of Agriculture, Nitra): *Controlling Nitrogen Transformations by the N-Serve Nitrification Inhibitor*. *Rostl. Vyr.*, 30, 1984 (11) : 1185-1190.

The inhibition of nitrification by the N-Serve preparation was studied in three growing seasons of winter wheat (1980—1983). After pre-sowing application of ammonium sulphate, the inhibitor slowed down the nitrification process for 5 to 7 weeks, in relation to the moisture and temperature conditions prevailing in the fall. A substantial proportion of unoxidized ammonia was maintained through the winter season whereas the nitrogen nitrified before winter in the inhibitor-free variants was leached out of the depth of 0.24 m before spring. Owing to the effect of higher temperatures, the spring application of the chemical with the other half of the nitrogen fertilizer batch reduced the time of nitrification inhibitor to 3 to 5 weeks. The specificity of the action of N-Serve was demonstrated under field conditions.

nitrification inhibition; N-Serve; specificity of inhibitor action; winter wheat

Adresa autoriek:

Doc. ing. Ludmila Kopčanová, CSc., RNDr. Věra Řehořková, ing. Tatiana Števlíková, Vysoká škola poľnohospodárska, 949 01 Nitra

VLIV INHIBITORŮ NITRIFIKACE NA PŘEMĚNU DUSÍKU KAPALNÉHO HNOJIVA DAM 390

J. Apltauer, H. Vančurová, O. Lasíková

APLTAUER, J. — VANČUROVÁ, H. — LASÍKOVÁ, O. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku kapalného hnojiva DAM 390*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1191-1204.

Jsou uvedeny výsledky polních modelových pokusů získané při sledování vlivu povětrnostních podmínek, inhibitorů nitrifikace N-Serve a ATC na přeměnu a pohyb dusíku kapalného hnojiva DAM 390 v půdě. V průběhu sledovaných pokusných let se projevil výrazný vliv teploty a srážek na přeměnu dusíku kapalného hnojiva a pohyb dusíku, především nitrátového, v půdě. Při podzimní aplikaci hnojiva docházelo v průběhu sledovaného období vesměs k výrazné přeměně amoniakálního dusíku na nitrátový. Posun nitrátového dusíku do spodních vrstev půdního profilu byl závislý na množství a rozložení srážek. Projevila se vysoká účinnost inhibitorů nitrifikace N-Serve a ATC aplikovaných s kapalným hnojivem DAM 390. Z dosažených výsledků však nelze určit, který z obou inhibitorů byl účinnější.

přeměna a pohyb dusíku v půdě; kapalně hnojivo; inhibitory nitrifikace

Velká pozornost vědeckých pracovníků řady výzkumných pracovišť je věnována sledování dusíku v půdě, jeho přeměně a vztahu těchto přeměn k povětrnostním podmínkám [Apltauer, Mouchová, 1977; Cassman, Munns, 1980; Damaška, Fürst, 1981; Eagle, 1971; Facek, 1982; Herbst et al., 1980; Spörl, Garz, 1981; Stanford et al., 1975; Vostál, 1980; Broadbent, 1981]. Někteří ze specialistů studující tuto problematiku vypracovali a postupně zdokonalují odpovídající modely [např. Iskandar, Selim, 1981; Pavel, 1981; Rao et al., 1982] přeměn a pohybu dusíku v půdě.

V posledních letech je velká pozornost věnována chemickým látkám ovlivňujícím přeměnu dusíku v půdě označovaným jako inhibitory. Nejvíce jsou studovány inhibitory omezující průběh nitrifikace. Přehled starší literatury z této oblasti uvádí Lišťanská [1972]. Od stejné autorky je i přehled literatury novější [Lišťanská, 1982]. Z výsledků publikovaných v uvedené literatuře vyplývá, že tyto látky splnily očekávané předpoklady tzn., že silně omezují průběh nitrifikace. Předkládané výsledky byly dosaženy především v modelových pokusech, nebo v pokusech se sledováním přeměny dusíku v půdě. Poněkud rozdílné výsledky byly dosaženy při sledování vlivu inhibitorů nitrifikace společně s průmyslovými dusíkatými hnojivy na výnos jednotlivých zemědělských plodin. Autoři docházejí k názoru, že je třeba tento vliv dále prověřovat. Je však třeba brát v úvahu, že výnos plodin není ve všech případech rozhodujícím kritériem pro hodnocení inhibitorů nitrifikace.

V posledních letech se projevuje zvýšený zájem o praktické využívání znalostí o přeměně a pohybu dusíku v půdě, přesněji řečeno o metodu stanovení minerálního dusíku v půdě, využití této metody ke korekci dávek dusíku u různých plodin a o charakteristiku dalšího uvolňování dusíku z půdní organické hmoty v průběhu vegetace. Tato metoda je rozpracována především u ozimé pšenice a cukrovky [Chochola, Radek, 1982; Müller, 1979; Scharpf, Wehrmann, 1975; Wehrmann, Scharpf, 1979].

MATERIÁL A METODY

Polní modelové pokusy byly založeny na třech stanovištích, dva na pokusných stanicích OVR (Hněvčevs a Pernolec) a třetí na pozemcích VÚRV v Praze-Ruzyni. Pokusy byly umístěny vždy na honu s polními srovnávacími pokusy s ozimou pšenicí.

V modelových pokusech bez porostu byly dřevěnými rámy vymezeny plochy 50 × 50 cm. V říjnu každého roku bylo do 5 cm vrstvy půdy zapraveno dusíkaté hnojivo v dávce odpovídající 200 kg . ha⁻¹. Vzorky zeminy byly odebírány v dubnu následujícího roku z profilu ornice po 5 cm vrstvách do hloubky 30 cm a z hloubky 30—60 cm byl odebrán jeden vzorek půdní sondou. V odebraných vzorcích byl stanovován amoniakální dusík kolorimetricky pomocí Nesslerova činidla a nitrátový dusík byl stanovován pomocí iontové selektivní elektrody.

Charakteristika stanoviště pokusů je uvedena v tabulce I. Přehled měsíčních srážek a průměrných teplot je znázorněn v grafech 1 až 7.

Použité hnojivo: kapalně hnojivo DAM 390 (DAM), ve 100 l — 38 kg N.

Inhibitory nitrifikace: N-Serve 48 (NS), 2-chlór-6(trichlormetyl)-pyridin, výrobek USA, aplikován v množství 2 l . ha⁻¹, ATC 60 (ATC), 4-amino-1,2,4-triazol HCl, výrobek Japonska, aplikován v množství 1 kg . ha⁻¹.

Inhibitory nitrifikace byly aplikovány současně s hnojivem a to tak, že těsně před aplikací bylo kapalně hnojivo DAM smícháno s použitými inhibitory.

VÝSLEDKY

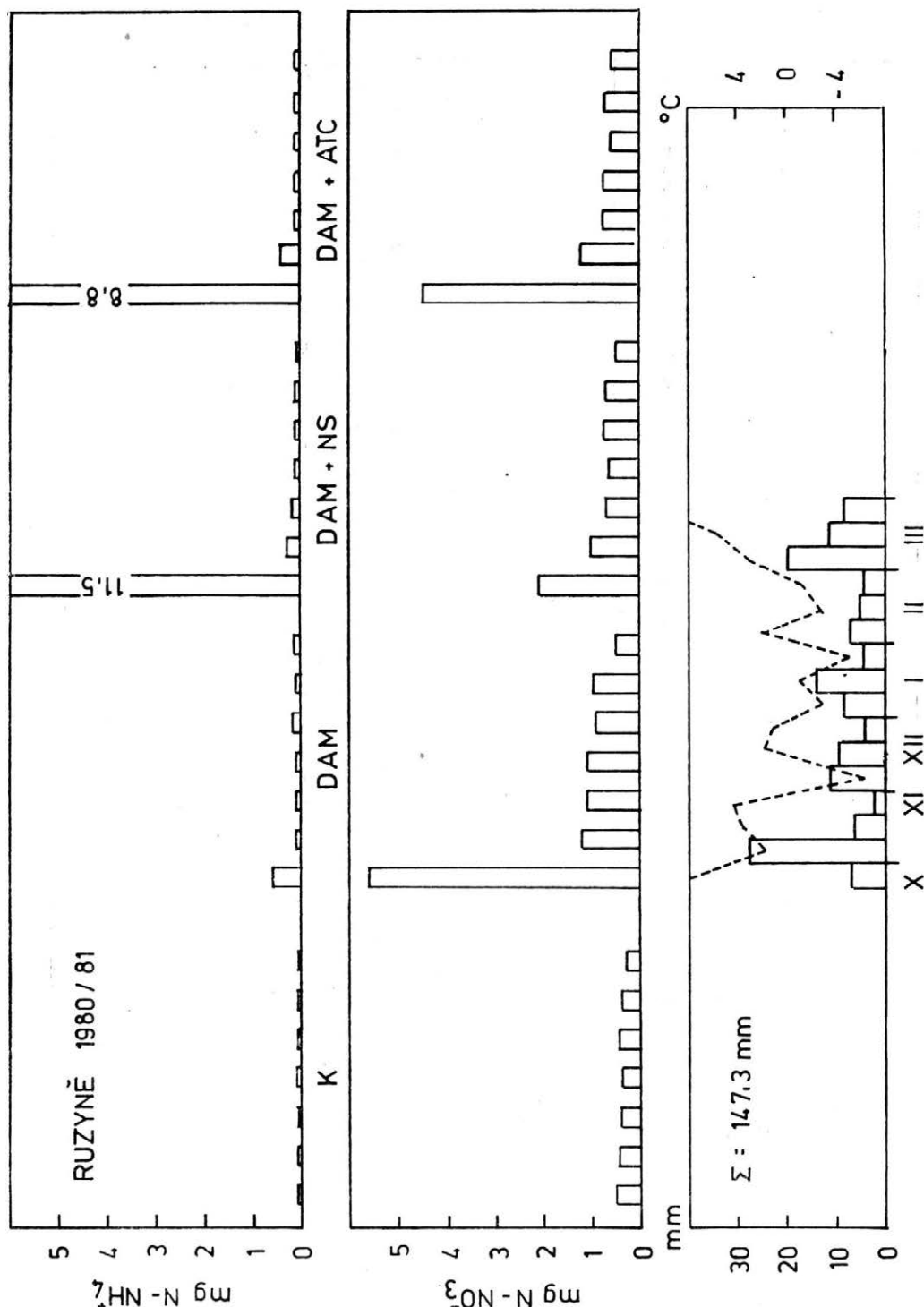
Polní modelové pokusy byly zakládány na třech odlišných stanovištích — v Praze — Ruzyni, Hněvčevsi a Pernolci a jsou součástí dlouhodobého sledování přeměny a pohybu dusíku na uvedených stanovištích a navazují bezprostředně na výsledky dosažené v předcházejícím období. V průběhu řešení problematiky byla zvětšena hloubka odběru půdních vzorků a přizpůsobena tak hloubce odběru půdních vzorků v polních srovnávacích pokusech doporučené pro výpočet množství minerálního dusíku a využití této hodnoty ke korekci dávek dusíku.

Součástí pokusu bylo sledování efektivnosti inhibitorů nitrifikace a to v kombinaci s kapalným hnojivem DAM 390.

Modelové pokusy byly zakládány záměrně bez porostu a to v období podzim — jaro (říjen — duben), kdy může docházet k výraznému pohybu dusíku v půdním profilu nebo k jeho ztrátám vyplavením. Mezi faktory, které mohou ovlivnit chování dusíku v půdě patří nesporně teplota a srážky, a proto jsou uvedeny v grafech 1 až 7.

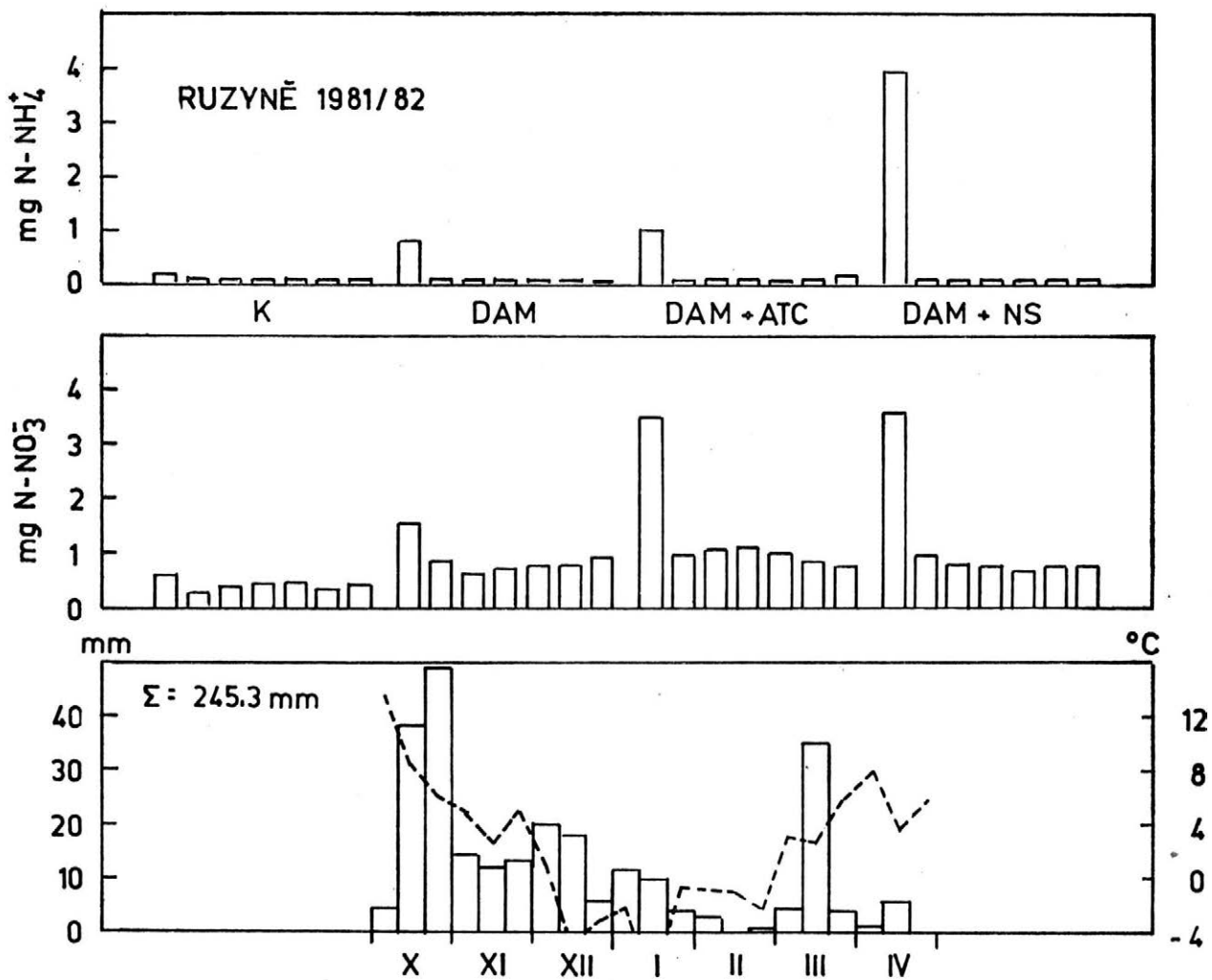
Období 1980—1981 bylo mimořádné tím, že modelový pokus bylo možno z technických důvodů založit pouze na jednom stanovišti a to v Praze — Ruzyni.

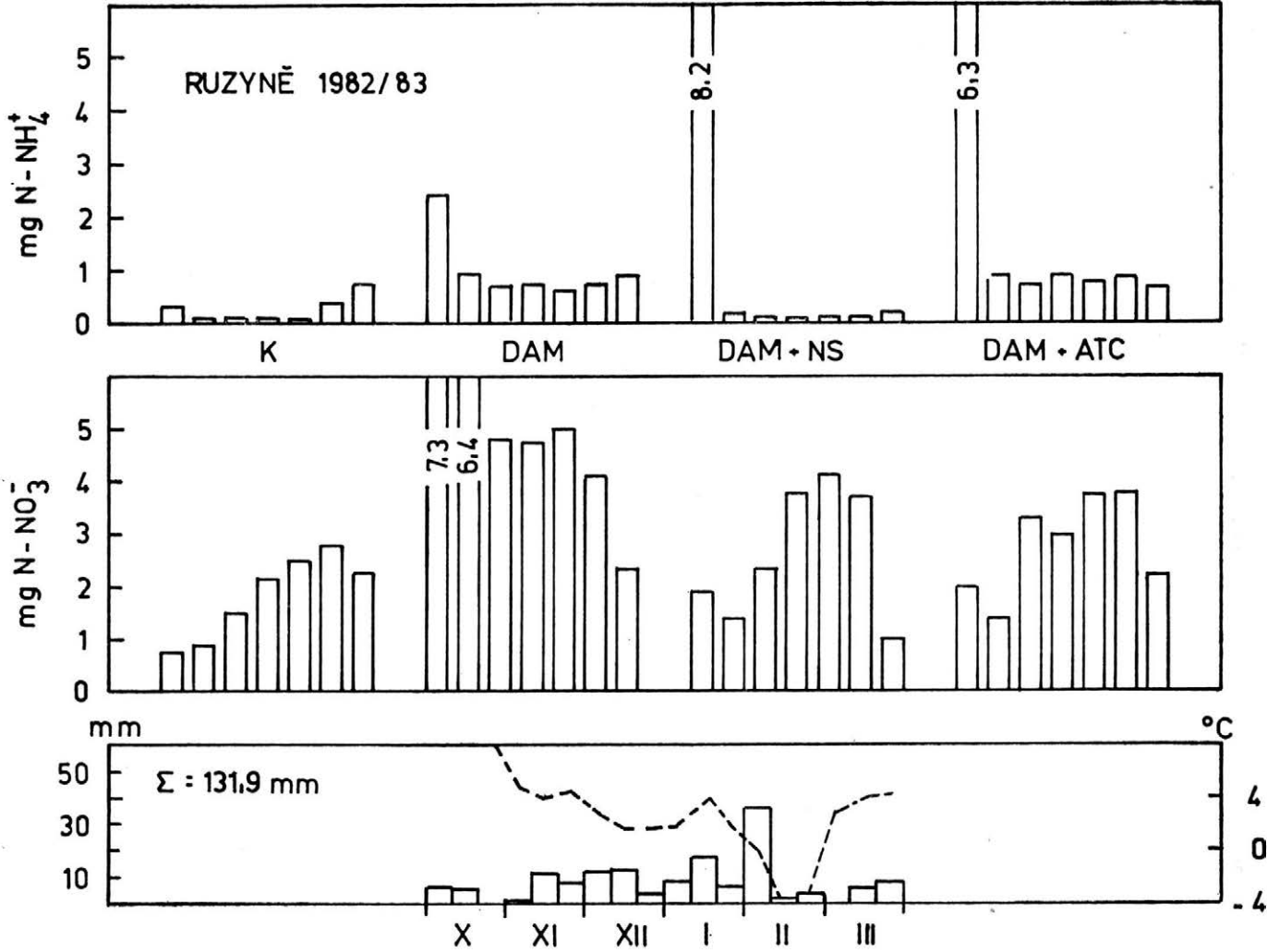
Uvedené období bylo srážkově velmi chudé (147,3 mm) s poměrně vysokými teplotami na počátku a na konci sledovaného období. To-



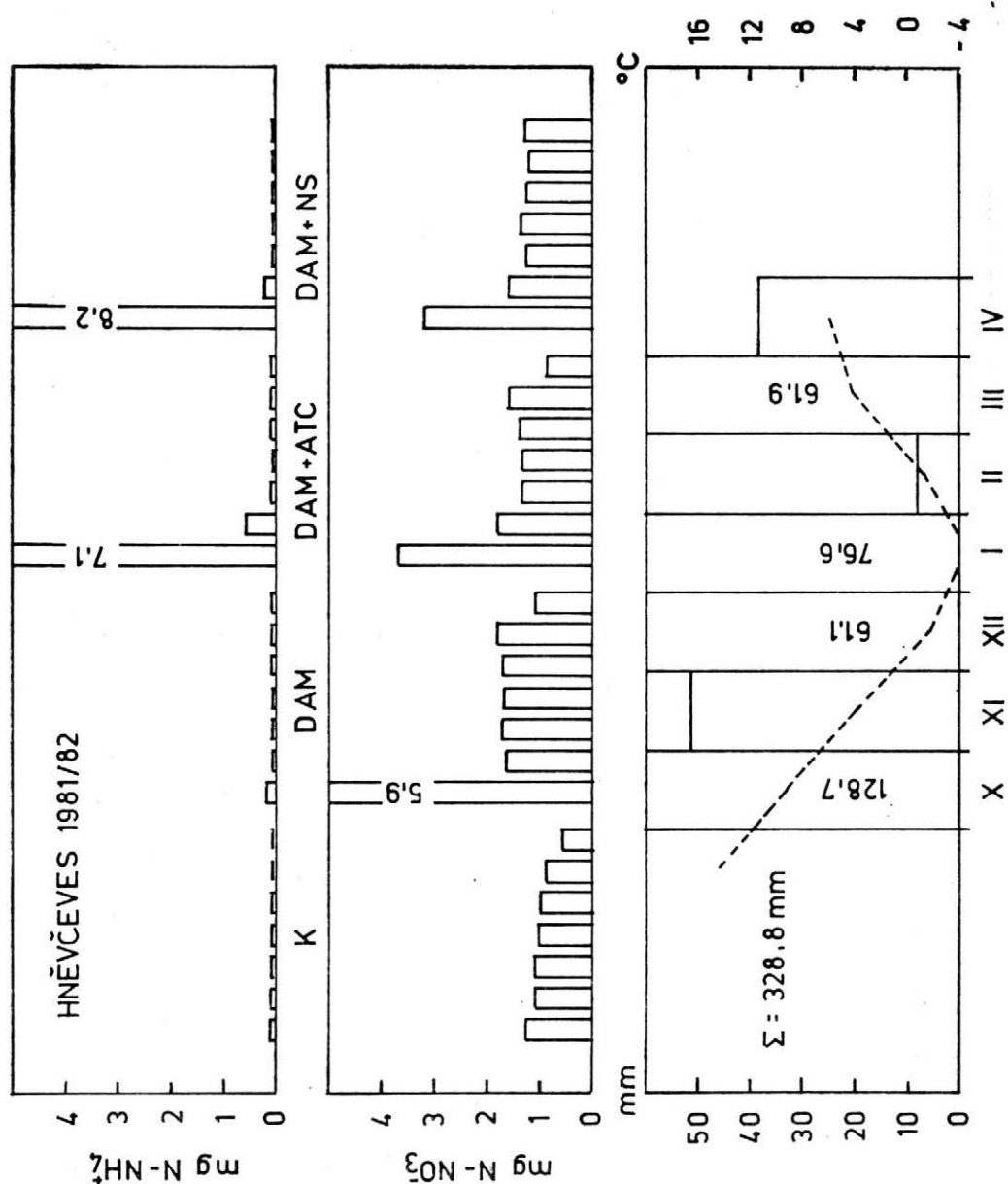
1. Množství amoniakálního a nitrátového dusíku v půdě, srážky a průměrné teploty (Praha-Ruzyně 1980/81) — The contents of ammonia and nitrate nitrogen in soil, rainfalls and average temperatures (Praha-Ruzyně 1980—1981)

2. Množství amoniakálního a nitratového dusíku v půdě, srážky a průměrné teploty (Praha-Ruzyň 1981/82) — The contents of ammonia and nitrate nitrogen in soil, rainfalls and average temperatures (Praha-Ruzyň 1981—1982)

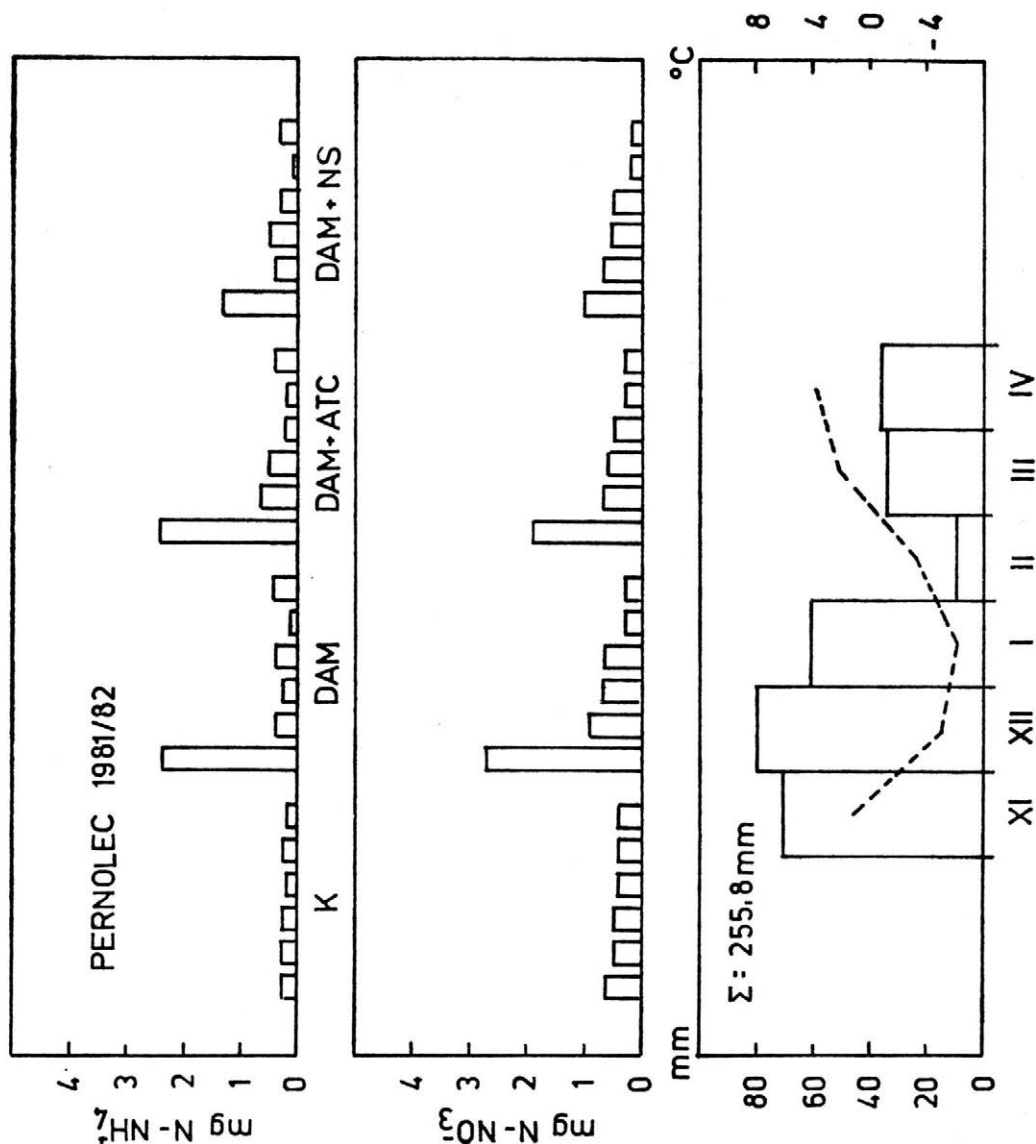




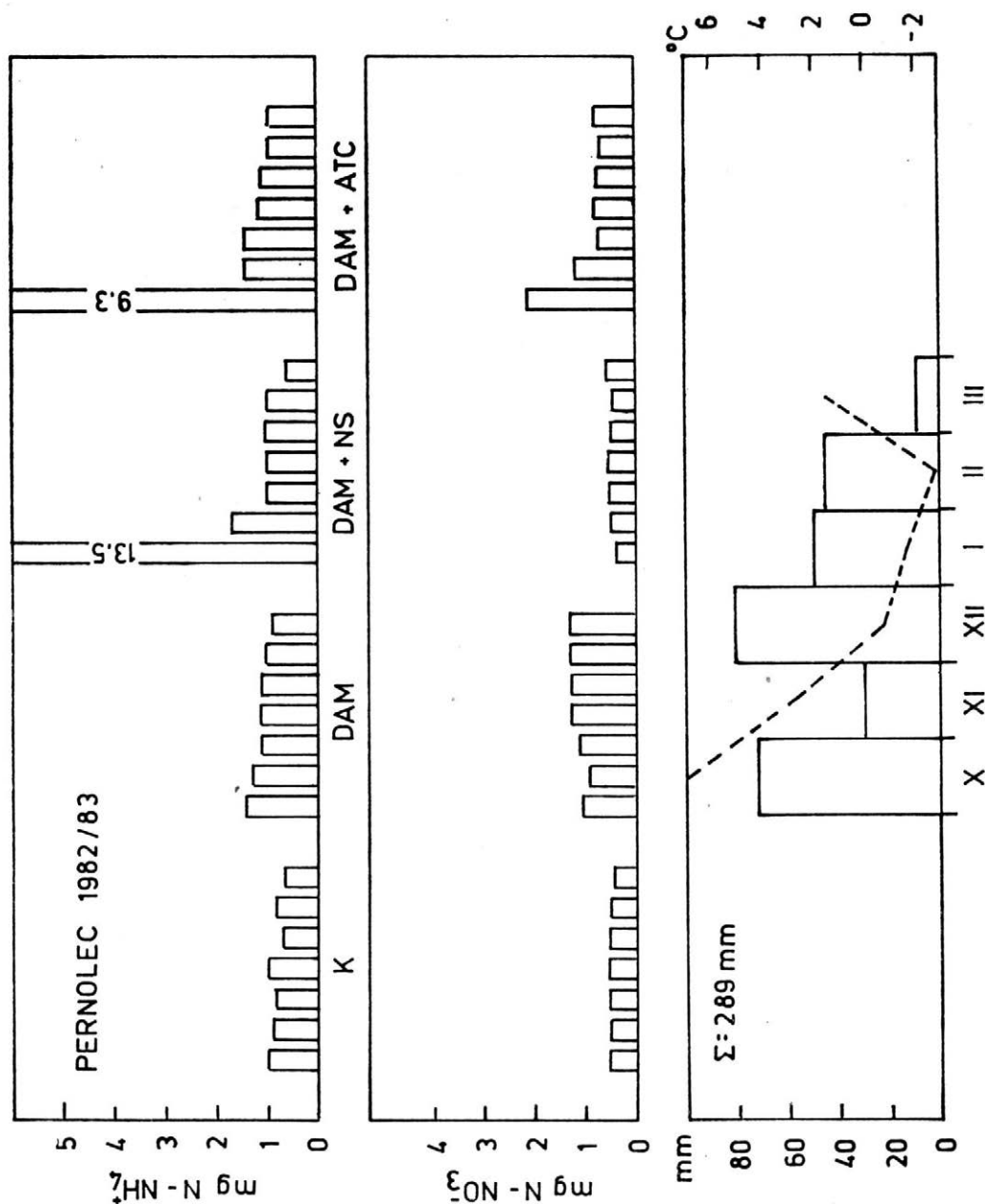
3. Množství amoniakálního a nitratového dusíku v půdě, srážky a průměrné teploty (Praha-Ruzyň 1982/83) — The contents of ammonia and nitrate nitrogen in soil, rainfalls and average temperatures (Praha-Ruzyň 1982—1983)



4. Množství amoniakálního a nitrátového dusíku v půdě, srážky a průměrné teploty (Hněvčeves 1981/82) — The contents of ammonia and nitrate nitrogen in soil, rainfalls and average temperatures (Hněvčeves 1981-1982)



6. Množství amoniakálního a nitrátového dusíku v půdě, srážky a průměrné teploty (Pernolec 1981/82) — The contents of ammonia and nitrate nitrogen in soil, rainfalls and average temperatures (Pernolec 1981—1982)



7. Množství amoniakálního a nitrátového dusíku v půdě, srážky a průměrné teploty (Pernolec 1982/83) — The contents of ammonia and nitrate nitrogen in soil, rainfalls and average temperatures (Pernolec 1982—1983)

I. Charakteristika stanoviště a půdy — Site and soil characteristics

Místo pokusu	Půdní typ	Charakteristika půdy	Rok	Výr. oblast	Nadm. výška m	Druh půdy	C _t %	N _t %	Humus %	pH KCl	mg l kg			Po- třeba CaO q/ha	mg N ve 100 g s. z.	
											P	K	Mg		N- -NH ₄ ⁺	N- -NO ₃ ⁻
Ruzyně	H	jílovito-hlini- tá hnědozem na spraši	80/81	Ř	355	T	0,99	0,12	1,71	7,0	103	132	69	0	0,14	0,39
			81/82				1,07	0,11	1,84	6,9	88	120	87	—	0,19	0,65
			82/83				1,07	0,16	1,84	7,0	86	132	65		0,07	1,98
Hněvčoves	H	hlinitá půda středně těžká	81/82	Ř	285	T	0,68	0,10	1,16	6,2	71	123	61	5	0,92	0,19
			82/83				1,12	0,17	1,93	5,5	50	106	49	—	0,20	1,67
Pernolec	HP	písčito-hlinitá hnědá půda podzolovaná	81/82	B	510	S	1,38	0,16	2,38	5,8	187	204	81	10	0,29	0,61
			82/83				1,16	0,13	1,99	5,9	67	236	45		0,18	2,88

mu odpovídaly velmi nízké hodnoty amoniakálního dusíku svědčící o intenzivním průběhu nitrifikace. Nízkým srážkám odpovídal vysoký obsah nitrátového dusíku zjištěný především v nejvyšší sledované vrstvě půdy.

Z dosažených a v obr. 1 uvedených výsledků je zřejmé, že se projevila výrazný inhibiční vliv obou inhibitorů na průběh nitrifikace a to jak N-Serve, tak ATC. Vyplývá to z vysokých hodnot amoniakálního dusíku ve vrchní vrstvě půdy. Také v těchto variantách s aplikovanými inhibitory nitrifikace bylo zjištěno nejvyšší množství nitrátového dusíku ve vrchní orniční vrstvě, což svědčí o nevýrazném posunu dusíku do spodních půdních vrstev.

Období 1981—1982 bylo na všech třech stanovištích srážkově vyrovnanější především zásluhou vyšších srážek na stanovišti v Praze — Ruzyni (245,3 mm) (obr. 2, 4, 6). Vlivem vyšších teplot na počátku pokusného období došlo nepochybně k intenzivní nitrifikaci amoniakálního dusíku a poměrně velké množství srážek mělo za následek značný posun nitrátového dusíku do spodních půdních vrstev. Nejzřetelněji se tato okolnost projevila na stanovišti v Ruzyni (obr. 2), kde byly v pokusech zjištěny velmi nízké hodnoty amoniakálního dusíku. Z poměrně nízkých hodnot nitrátového dusíku vyplývá, že došlo k jeho výraznému posunu v půdním profilu a nelze vyloučit ani jeho částečné vyplavení. Tento posun dusíku v půdním profilu se v tomto období projevila v Ruzyni ze všech sledovaných stanovišť nejvýrazněji.

V modelovém pokusu v Hněvčevsi byly zjištěny minimální hodnoty amoniakálního dusíku ve všech sledovaných vrstvách půdy (var. s DAM 390). Tento intenzivní průběh nitrifikace se projevila poměrně vysokými hodnotami nitrátového dusíku především v nejvyšší vrstvě ornice (obr. 4).

Na výzkumné stanici v Pernolci bylo v tomto období zjištěno nejmenší množství srážek ze všech období na tomto stanovišti dosud sledovaných (255,8 mm). Nejvyšší hodnoty amoniakálního dusíku byly zjištěny ve vrchní sledované vrstvě půdy. Přesto, že i množství nitrátového dusíku bylo v této vrstvě značné, lze předpokládat, že nastal posun tohoto dusíku do spodních půdních vrstev a mohlo dojít i k jeho vyplavení z půdního profilu (obr. 6).

Účinnost sledovaných inhibitorů nitrifikace se v tomto období projevila v jednotlivých pokusech rozdílně. Mimořádně dobrých výsledků bylo dosaženo při aplikaci inhibitorů nitrifikace v modelovém pokusu v Hněvčevsi (obr. 4), kde byly vlivem omezeného průběhu nitrifikace zjištěny vysoké hodnoty amoniakálního dusíku a to u obou variant s aplikovanými inhibitory nitrifikace v porovnání s variantou bez jejich aplikace. Menšího efektu však bylo dosaženo při aplikaci obou inhibitorů nitrifikace v pokusech založených v Ruzyni, zvláště při aplikaci inhibitoru ATC. Těžko vysvětlitelné je, že aplikované inhibitory nitrifikace byly prakticky neúčinné v tomto období v založeném pokusu na výzkumné stanici v Pernolci (obr. 6).

Poslední sledované období (1982—1983) se vyznačovalo velmi malými srážkami, což se projevilo především na stanovišti v Ruzyni, kde bylo naměřeno pouze 131,9 mm (obr. 3, 5, 7). Můžeme konstatovat, že část aplikovaného dusíku vlivem omezeného průběhu nitrifikace zůstala v amoniakální formě především v modelových pokusech v Praze — Ruzyni a Pernolci. Malému množství srážek na stanovišti v Praze — Ruzyni odpovídalo mimořádně velké množství nitrátového dusíku, které

zůstalo v 60 cm profilu půdy a podstatná jeho část v orničním profilu (obr. 3). Výraznější posun nitrátů v půdním profilu nastal v pokusech založených na Hněvčevsi i Pernolci a lze předpokládat jeho posun pod hranici 60 cm půdního profilu nebo dokonce jeho vyplavení (obr. 5, 7).

Inhibitory nitrifikace N-Serve i ATC se v posledním sledovaném období projevily velice výrazně. Nejvýraznější inhibice průběhu nitrifikace byla zjištěna v pokusech v Pernolci a na stanovišti v Ruzyni a to při aplikaci obou inhibitorů (obr. 3, 7).

DISKUSE

V posledních letech se projevuje snaha o maximální využití všech zdrojů dusíku a to nejen dusíku organických a průmyslových hnojiv, ale též dusíku půdního a symbioticky fixovaného. Největší pozornost je však zaměřena na dusík průmyslových hnojiv nejen proto, že tvoří významnou položku v rozpočtu jednotlivých podniků a že je přísněji posuzován jeho vliv na životní prostředí, ale též proto, že posuzováno z celospolečenského hlediska je na výrobu průmyslových dusíkatých hnojiv třeba vynakládat v porovnání s ostatními hnojivy mimořádně velké množství energie.

Tyto závažné okolnosti si vynucují hospodařit s dusíkem co nejekonomičtěji a dodržovat všechna doporučení k jeho maximálnímu využití. Je proto snahou získat co nejvíce informací o chování dusíku v půdě, o jeho množství v době vhodné pro výpočet nebo korekci dávky dusíku.

Důležitým obdobím z hlediska přeměny a pohybu dusíku v půdě a to jak s porostem či bez porostu je období od října do dubna a z tohoto období především dvouměsíční období říjen — listopad. V předcházejících modelových pokusech bylo prokázáno (Apltauer, Mouchová, 1977), že při podzimní aplikaci močoviny, síranu amonného i kapalného hnojiva DAM 390 dochází zpravidla k přeměně amidického a amoniakálního dusíku na nitráty a ty jsou vždy do značné míry „ohroženy“, tzn. že může nastat jejich posun v půdním profilu nebo mohou být v různém množství vyplaveny. Porost ozimů v tomto případě není příliš významný, neboť příjem dusíku je poměrně malý.

Rozhodující pro pohyb nitrátového dusíku jsou srážky, jejich celkové množství, intenzita a rozložení v průběhu uvedeného období. Pochopitelně nelze přitom pominout ani vlastnosti půdy včetně organické hmoty a její kvality.

Vzhledem k těmto okolnostem je doporučováno autory studujícími využití metody stanovení minerálního dusíku přesunout dávku dusíku na předjarní nebo jarní období (Müller, 1979). Dosažené výsledky tento názor podporují, ovšem je třeba přihlídnout k půdně klimatickým podmínkám jednotlivých oblastí.

Vzhledem k riziku aplikace dusíku na podzim před setím a u některých plodin s pozdějším maximálním čerpáním dusíku (např. u kukuřice) je snaha udržet aplikovaný dusík v méně pohyblivé formě, tj. ve formě amoniakální. Již řadu let jsou zkoumány látky omezující nitrifikaci — inhibitory nitrifikace. Jejich výzkum je v současné době ve stádiu sledování vlivu na výnos zemědělských plodin. V našich modelových pokusech, které byly zakládány na stejných pokusných pozem-

cích jako srovnávací pokusy se sledováním vlivu dusíku hnojení a inhibitorů nitrifikace na výnos ozimé pšenice, byly inhibitory nitrifikace zařazeny především proto, abychom zjistili jejich účinnost v příslušném období a aby mohl být lépe vysvětlen kladný či negativní vliv inhibitorů nitrifikace na výnos ozimé pšenice v souběžně probíhajících pokusech.

Ukázala se v souladu s výsledky řady autorů (Lišťaňská, 1982, Apltauer, 1979) jejich vysoká účinnost a to jak v kombinaci s pevným hnojivem, močovinou, tak s kapalným hnojivem DAM 390. Pouze v jednom těžko vysvětlitelném případě se jejich inhibiční vliv neprojevil. V posledních třech pokusných letech byly sledovány dva inhibitory, a to N-Serve a ATC s kapalným hnojivem DAM 390. Společná aplikace inhibitorů nitrifikace s kapalným hnojivem se projevila jako velice výhodná a perspektivní. Rozdíl v účinnosti obou používaných inhibitorů v těchto pokusech nebyl příliš výrazný. V případě doporučení některého z nich k širšímu použití bude hrát významnou úlohu především dostupnost, případně ekonomika jeho výroby.

Literatura

- APLTAUER, J.: Vliv inhibitoru nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě. Rostl. Výr., 25, 1979, č. 11, s. 1163-1174.
- APLTAUER, J. — MOUCHOVÁ, H.: Přeměna a pohyb dusíku v různých půdně-klimatických podmínkách. [Dílčí závěrečná zpráva.] VÚRV, Praha-Ruzyně 1977.
- BROADBENT, F. E.: Methodology for nitrogen transformation and balance in soil. Plant and Soil, 58, 1981, s. 383-399.
- CASSMAN, K. G. — MUNNS, D. N.: Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth. Soil Sci. Soc. Amer. J., 44, 1980, s. 1233-1237.
- DAMAŠKA, J. — FÜRST, Z.: Vliv hydrotermických faktorů stanoviště na sezónní změny N-NO₃ v hnědozemi na spraši. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 12, s. 1255-1263.
- EAGLE, D. J.: Effect of winter rainfall on residual nitrogen. In: Residual Value of applied Nutrients, London, Her Majesty's Stationery Off., 1971, s. 145-158.
- FACEK, Z.: Vliv hnojení na koncentraci nitrátů v půdním profilu. Rostl. Výr., 28, 1982, č. 10, s. 1019-1023.
- HERBST, F. — STUMPE, H. — GARZ, J.: Änderungen in Menge und vertikaler Verteilung von Ammonium, Nitrat und Chlorid in Boden während des Winters. Acker- u. Pfl.-Bau u. Bodenkde, 24, 1980, s. 31-37.
- CHOCHOLA, J. — RADEK, J.: Možnosti prognózy potřebné dávky dusíku k cukrovce na základě půdních rozborů. Rostl. Výr., 28, 1982, č. 1, s. 21-32.
- ISKANDAR, I. K. — SELIM, H. M.: Modeling nitrogen transport and transformations in soils: 2. Validation. Soil Sci., 131, 1981, s. 303-312.
- LIŠŤAŇSKÁ, J.: Inhibitory nitrifikace. Studijní informace, řada Půdoznalství, meliorace a výživa rostlin 5, ÚVTI Praha, 1972.
- LIŠŤAŇSKÁ, J.: Inhibitory nitrifikace — současný stav výzkumu a možnosti jejich využití. Agrochémia, 22, 1982, s. 285-289.
- MÜLLER, S.: Die Einbeziehung des Gehaltes an pflanzenaufnehmbarem N des Bodens bei der Bemessung der 1. N-Gabe zu Getreide. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin, 162, 1979, s. 199-208.
- PAVEL, L.: Vyluhování dusičnanů z půd. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 5, s. 525-531.
- RAO, P. S. C. — JESSUP, R. E. — HORNSBY, A. G.: Simulation of nitrogen in agro-ecosystems: Criteria for model selection and use. Plant and Soil, 67, 1982, s. 35-43.
- SCHARPF, H. C. — WEHRMANN, J.: Die Bedeutung des Mineralstickstoffvorrates des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung der N-Düngung zu Winterweizen. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 32/I, s. 100-114, 1975.
- SPÖRL, S. — GARZ, J.: The relationship between nitrogen mineralization, moisture and temperature in arable soils. Arch. Acker- u. Pfl.-Bau u. Bodenkde, 25, 1981, s. 213-218.
- STANFORD, G. — FRERE, M. H. — van der POL, R. A.: Effect of fluctuating temperatures on soil nitrogen mineralization. Soil Sci., 119, 1975, s. 222-226.

VOSTÁL, J.: Přeměny a dynamika dusíku v půdách vybraných stanovišť. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1980.

WEHRMANN, J. — SCHARPF, H. C.: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Massstab für den Stickstoffdüngerbedarf (N_{min} -Methode). Pl. Soil, 52, 1979, s. 109-126.

Došlo dňa 12. 6. 1984

АПЛТАУЕР, Й. — ВАНЧУРОВА, Г. — ЛАСИКОВА, О. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузыне): Влияние ингибиторов нитрификации на преобразование азота жидкого удобрения ДАМ 390. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1191-1204.

В статье приводятся результаты полевых модельных опытов, полученные при изучении влияния погодных условий, ингибиторов нитрификации N-Serve и ATC на преобразование и движение азота жидкого удобрения ДАМ 390 в почве. В течение опытных лет проявилось резкое влияние температуры и осадков на преобразование азота жидкого удобрения и движение азота, прежде всего нитратного, в почве. При осеннем внесении удобрения в течение изучаемого периода, как правило, имело место резкое преобразование аммиачного азота в нитратный. Смещение нитратного азота в нижние слои почвенного профиля зависит от количества и распределения осадков. Проявилась высокая эффективность ингибиторов нитрификации N-Serve и ATC, вносимых с жидким удобрением ДАМ 390. Однако, по полученным результатам нельзя определить, какой из обоих ингибиторов более эффективен.

преобразование и движение азота и почве; жидкое удобрение; ингибиторы нитрификации

APLTAUER, J. — VANČUROVÁ, H. — LASÍKOVÁ, O. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): The Effect of Nitrification Inhibitors on the Transformation of Nitrogen in the DAM 390 Liquid Fertilizer. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1191-1204.

The results are given of field model trials which were conducted to study the effect of weather conditions and the N-Serve and ATC nitrification inhibitors on the transformation and movement of nitrogen of the DAM 390 liquid fertilizer in the soil. During the years of study, temperature and rainfalls were found to have a marked influence on the transformation of liquid-fertilizer nitrogen and on the movement of nitrogen, particularly its nitrate form, in the soil. During the period of study, a vigorous transformation of ammonia nitrogen to nitrate nitrogen was recorded after the autumn applications of the fertilizer. The shift of nitrate nitrogen to the lower layers of the soil profile was related to the sum and distribution of precipitation. The N-Serve and ATC nitrification inhibitors applied together with the DAM 390 liquid fertilizer proved to be highly effective. However, the results do not allow for saying which of the two inhibitors was more effective.

nitrogen transformation and movement in soil; liquid fertilizer; nitrification inhibitors

Adresa autorů:

Ing. Jiří Apltauwer, CSc., Hana Vančurová, Olga Lasíková, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha - Ruzyně

P. Bielek

BIELEK, P. (Výskumný ústav pôdoznalectva a výživy rastlín, Bratislava): *Hydrotermická závislosť účinnosti inhibítora N-Serve*. Rostl. Vyr., 30, 1984 (11) : 1205-1212.

Laboratórnym inkubačným testom (10 týždňov) sme posúdili inhibičný účinok prípravku N-Serve na nitrifikačnú aktivitu lužnej pôdy černozelej. Inhibíciu sme stanovovali pri troch rozdielnych vlhkostiach (40, 70, 100 % MKK), dvoch inkubačných teplotách ($7 \pm 2^\circ\text{C}$ a $20 \pm 1^\circ\text{C}$), a to všetko bez aplikácie dusíka a s aplikáciou $90 \text{ kg N-(}^{15}\text{NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4 \cdot \text{ha}^{-1}$ (obohatenie $^{15}\text{N} = 50\%$). Inhibítor preukazne znížil obsahy dusičnanov v každých teplotno-vlhkostných podmienkach. Pri nižšej teplote bola doba účinnosti inhibítora dlhšia (8–10 týždňov) v porovnaní s vyššími teplotami (6–8 týždňov). V chladnejších podmienkach bola aj vyššia priemerná intenzita inhibície. Pri vlhkostiach pôdy 70 % MKK sa doba účinnosti inhibítora skrátila o 1 až 2 týždne. Inhibícia nitrifikácie dusíka z dodaného hnojiva bola celkovo nízka.

inhibítor N-Serve; nitrifikácia; hnojenie dusíkom

Za jeden z najzávažnejších problémov súčasného vyspelého poľnohospodárstva sa považuje veľmi často sa vyskytujúca vysoká akumulácia dusičnanov v pôde, obyčajne príčinne označovaná ako dôsledok vysokej intenzity a nesprávnej aplikácie dusíkatých hnojív. V snahe predchádzať uvedeným javom sa popri odporúčaníach usmerňujúcich celkové systémy hospodárenia na pôde považuje za perspektívne aj chemické ošetrovanie pôd inhibítormi nitrifikácie. Z mnohých, v súčasnosti používaných prípravkov sa veľmi pozitívne hodnotí N-Serve. Súčasne sa však konštatuje, že jeho účinnosť závisí od pôdno-ekologických pomerov, v ktorých pôsobí. Preto sa výskumné úsilie oprávnené zameriava na odhalenie základných ekologických princípov jeho pôsobenia v snahe odvodit účinné odporúčania pre jeho efektívne používanie.

Z ekologických parametrov ovplyvňujúcich účinnosť prípravku N-Serve majú rozhodujúce postavenie teplota a vlhkosť (Prasad a Rajale, 1972; Narain a Datta, 1973; Boswell a Anderson, 1974; Meikle, 1979; Touchton et al., 1979). U nás na to presvedčivo poukázala Lišťánská (1982a, 1982b). V snahe skromne prispieť k uvedenému poznaniu sme modelovo experimentovali. Získané výsledky interpretujeme v tejto práci.

MATERIÁL A METÓDY

Problematiku sme riešili inkubačným modelovým pokusom založeným v laboratórnych podmienkach. Experimentovali sme s lužnou pôdou černozeľnou z lokality Macov (okres Dunajská Streda). Ide o pôdu s relatívne vysokým obsahom humusu ($C_{\text{ox}} = 2,28\%$), v ktorom je bohato zastúpený dusík ($N_t = 0,240\%$), $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})} = 7,3$, $\text{pH}_{(\text{KCl})} = 6,7$. Odobranú pôdnu vzorku (z ornice) sme na vzduchu vysušili a preosiali cez 2mm sito. Modelovali sme z nej (50g návažky) tri rozdielne vlhkost-

I. Priemerný obsah amoniaku a dusičnanov v skúmaných variantoch — The average ammonia and nitrate contents in the studied variants

Variant	mg N-NH ₄ ⁺ .kg ⁻¹						mg N-NO ₃ ⁻ .kg ⁻¹					
	Y			Z			Y			Z		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Kontrola	8,15	9,30	9,55	9,20	8,85	8,40	42,13	40,05	40,75	35,43	54,13	68,15
90 kg N.ha ⁻¹	18,08	12,85	10,66	10,75	10,40	9,28	48,18	47,03	54,38	46,10	74,05	66,45
Kontrola + N-Serve	11,63	17,48	15,13	7,18	7,33	7,78	32,28	25,87	32,70	37,78	49,60	44,15
90 kg N.ha ⁻¹ + + N-Serve	39,50	30,53	34,63	6,10	8,20	10,40	34,65	37,78	31,13	48,25	64,53	66,10

Y — teplota inkubácie 7 ± 2 °C
Z — teplota inkubácie 28 ± 1 °C

A — vlhkosť 40 % MKK
B — vlhkosť 70 % MKK
C — vlhkosť 100 % MKK

né varianty (40, 70 a 100 ‰ MKK). Ku každej vlhkosti sme modelovali štyri varianty hnojenia:

- nehnojená kontrola,
- 90 kg dusíka na ha vo forme $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,
- nehnojená kontrola + N-Serve,
- 90 kg dusíka na ha vo forme $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + N-Serve.

Obohatenie síranu amónneho o ^{15}N bolo 50%. Prípravok N-Serve sme aplikovali v dávke odpovedajúcej 1 ‰ aktívnej zložky k dávke hnojiva (rovnakú dávku N-Serve sme aplikovali aj na nehnojený variant).

Každý variant hnojenia a vlhkosti sme založili v 20 opakovaníach, pričom desať z nich sme inkubovali pri teplote $7 \pm 2^\circ\text{C}$ a zostatok pri teplote $28 \pm 1^\circ\text{C}$. Inkubačný test prebiehal 10 týždňov, pričom v dvojtýždňových intervaloch sme vykonávali analýzy na obsah amoniaku a dusičnanov. Amoniak a dusičnany (po redukcii Dewardovou zliatinou) sme stanovovali destilačne (Bremner a Keeney, 1965). Stabilný izotop ^{15}N sme stanovovali hmotovou spektrometriou (MAT 230).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Používanie prípravku N-Serve ako prostriedku na prevenciu pred vysokým hromadením dusičnanov v pôdnom prostredí má svoje opodstatnenie predovšetkým v takých pôdno-ekologických podmienkach, kde sú vytvorené priaznivé pomery pre aktivitu nitrifikačnej mikroflóry. Samozrejme, že aj overovanie základných ekologických podstat jeho účinnosti prináša najpreukaznejšie závery v experimentoch založených na pôdach s vysokou intenzitou nitrifikácie a akumulácie dusičnanov. S ohľadom na uvedené skutočnosti sme k experimentovaniu vybrali lužnú pôdu černoziemnú s bohatou zásobou celkového dusíka a s relatívne dobrými fyzikálno-chemickými a biologickými vlastnosťami umožňujúcimi vysokú intenzitu nitrifikačných procesov. Upozornili na to už momentálne obsahy amoniaku a dusičnanov v základnej pôdnej vzorke ($\text{N-NH}_4^+ = 13,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{N-NO}_3^+ = 22,73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Následne vykonaný 10-týždňový inkubačný test to presvedčivo potvrdil, a to najmä vtedy, ak sme k skúmanej pôde aplikovali dusíkaté hnojivo.

Z výsledkov vyplýva (tab. I, II, III, IV, obr. 1, 2), že pridanie inhibítora N-Serve preukazuje obmedzilo hromadenie dusičnanov v skúmanej pôde. Je logické, že potlačenie aktivity nitrifikačnej mikroflóry

II. Intenzita inhibície nitrifikačných aktivít ($\text{mg N-NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$) účinkom N-Serve (varianty bez hnojenia dusíkom) — The rate of inhibition of nitrification activities (mg N-NO_3^- per kg) resulting from the action of N-Serve (variants without nitrogen fertilization)

Inkubačná teplota	% MKK	Týždne inkubácie					$\bar{x}$
		2	4	6	8	10	
$7 \pm 2^\circ\text{C}$	40	1,72	9,60	17,92	12,22	7,88	9,86
	70	23,60	10,07	37,60	+ 7,87	7,87	14,25
	100	10,48	33,67	7,40	15,75	+27,50	7,96
$28 \pm 1^\circ\text{C}$	40	15,75	14,00	0,45	+ 0,85	10,50	7,97
	70	0,03	32,35	+ 5,23	14,85	+ 4,77	7,43
	100	0,20	26,52	14,00	+ 6,90	5,30	7,82

III. Intenzita inhibície nitrifikačných aktivít (v mg N-NO₃⁻ · kg⁻¹) účinkom N-Serve (varianty s dávkou 90 kg dusíka na ha) — The rate of inhibition of nitrification activities (mg N-NO₃⁻ per kg) resulting from action of N-Serve (variants with the application of 90 kg nitrogen per ha)

Inkubačná teplota	% MKK	Týždne inkubácie					$\bar{x}$
		2	4	6	8	10	
7 ± 2 °C	40	16,60	0,70	21,92	21,88	+ 3,50	11,52
	70	9,60	25,35	20,53	+ 1,38	2,17	11,25
	100	19,25	33,23	20,40	9,62	+16,17	13,26
28 ± 1 °C	40	6,98	21,60	+ 8,87	+12,22	1,75	1,84
	70	18,12	9,18	36,28	+ 9,60	+ 5,22	9,75
	100	4,40	23,92	16,20	+ 9,60	+ 5,30	5,92

môže súčasne vyvolať vzostup obsahu amoniaku. Preukazuje sa to potvrdilo pri nízkych teplotách. Pri vyšších inkubačných teplotách inhibítor N-Serve nevyvolával hromadenie amoniaku. Príčinou môžu byť jeho straty volatilizáciou, na čo už konkrétne upozornili iné práce (Bielek — Kudličková, 1981; Knop, 1982). Samozrejme, že to môže byť aj dôsledok vyššej intenzity imobilizácie dodaného hnojiva.

Experimentálne výsledky ukázali, že účinnosť prípravku N-Serve je limitovaná konkrétnymi podmienkami prostredia, v ktorom pôsobí. Popri vlastnostiach pôdneho typu určite nie sú zanedbateľné ani hydrotermické pomery, výrazne ovplyvňujúce možnosti nitrifikačných aktivít a súčasne aj možnosti prirodzenej fyzikálno-chemickej, či biologickej deštrukcie a tým aj inaktivácie inhibítora.

Pri hodnotení účinnosti inhibítorov nitrifikácie sa posudzuje predovšetkým doba pôsobenia. Konkrétne výsledky ukázali (tab. II, III, obr. 1, 2), že pri posudzovaní doby pôsobenia inhibítora N-Serve by sa malo rozlišovať a samostatne hodnotiť obdobie jeho trvalej účinnosti a následne vytvorené obdobie, keď sa jeho účinnosť postupne stráca a v ošetrovaných pôdach začínajú alternovať krátke časové úseky depresie a stimulácie nitrifikačných procesov, resp. keď inhibícia je vystriedaná dlhším obdobím stimulácie.

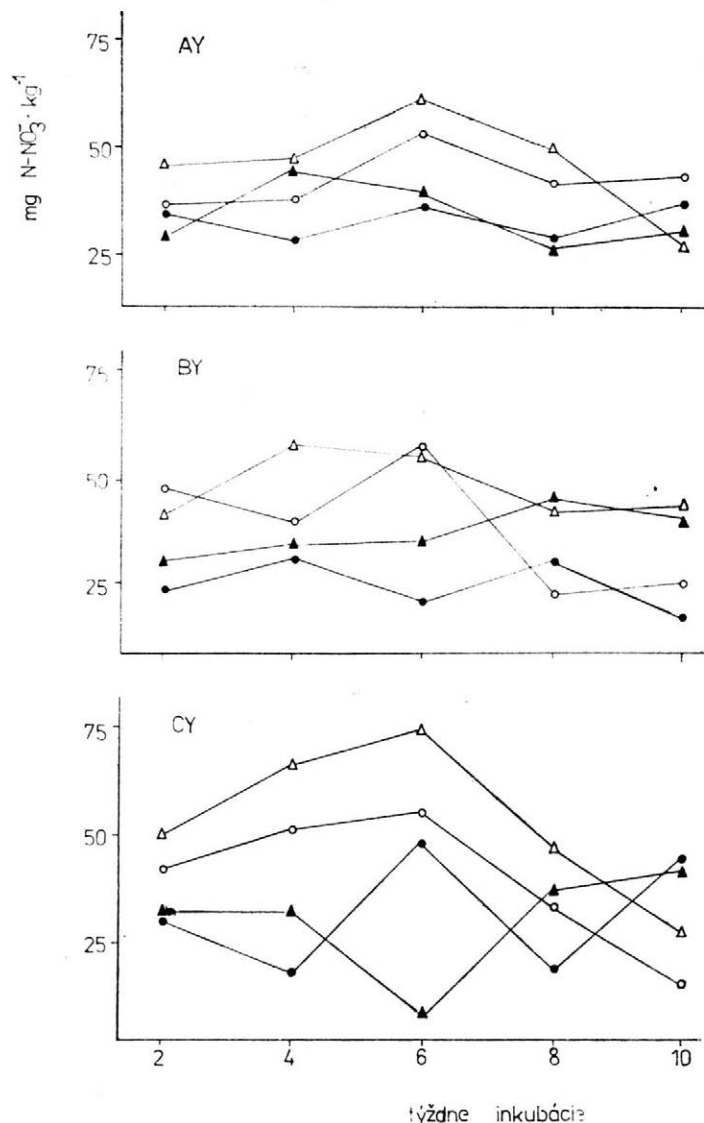
Založený 10-týždňový inkubačný test stačil na to, aby sme mohli uvedené obdobia časovo od seba konkrétne rozlíšiť. Znamená to, že v skúmaných podmienkach obdobie trvalého pôsobenia inhibítora N-Serve obyčajne nie je dlhšie ako 10 týždňov. Veľmi preukazuje to závisť predovšetkým od teploty. V chladnejších podmienkach pôsobil inhibítor N-Serve dlhšie v porovnaní s teplejšími pomermi, čo korešponduje s už publikovanými názormi niektorých autorov (Meikle, 1979; Lišťanská, 1982). K prvému objaveniu sa straty inhibičnej účinnosti prípravku N-Serve dochádza pri nízkych teplotách po 8—10 týždňoch od aplikácie inhibítora. V teplejších podmienkach sa jeho trvalá účinnosť stráca už po 6 až 8 týždňoch. Platí to približne rovnako pre nehnojené, ale aj dusíkom hnojené varianty, a za rozhodujúcu príčinu uvedenej skutočnosti možno považovať rýchlejší rozklad aktívnej zložky inhibítora v podmienkach vyšších teplôt (Touchton et al., 1979).

IV. Množstvo znitrifikovaného hnojivového dusíka a intenzita inhibície nitrifikačných aktivít účinkom N-Serve (mg N-NO₃⁻ . kg⁻¹) — The amount of nitrified fertilizer nitrogen and the rate of inhibition of nitrification activities resulting from the action of N-Serve (mg N-NO₃⁻ per kg)

Variant	2 týždne						6 týždňov						10 týždňov					
	Y			Z			Y			Z			Y			Z		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
90 kg N . ha ⁻¹	3,27	4,05	4,67	5,98	6,15	6,14	6,62	4,85	6,66	3,67	7,49	5,62	2,55	3,99	1,94	2,45	2,88	1,78
90 kg N . ha ⁻¹ + N-Serve	1,47	2,06	1,77	5,83	5,77	6,20	2,29	0,29	0,14	5,44	3,71	3,12	2,19	3,08	1,41	1,68	3,12	1,78
Intenzita inhibície	1,80	1,99	2,90	0,15	0,38	+0,06	4,03	4,56	6,52	+1,77	3,68	2,50	0,36	0,91	0,43	0,77	+0,24	0,00

Y — teplota inkubácie 7 ± 2 °C
Z — teplota inkubácie 28 ± 1 °C

A — vlhkosť 40 % MKK
B — vlhkosť 70 % MKK
C — vlhkosť 100 % MKK



1. Dynamika obsahu dusičnanov počas inkubácie skúmaných variantov pôdnych vzoriek — The pattern of nitrate content during the incubation of the studied variants of soil samples

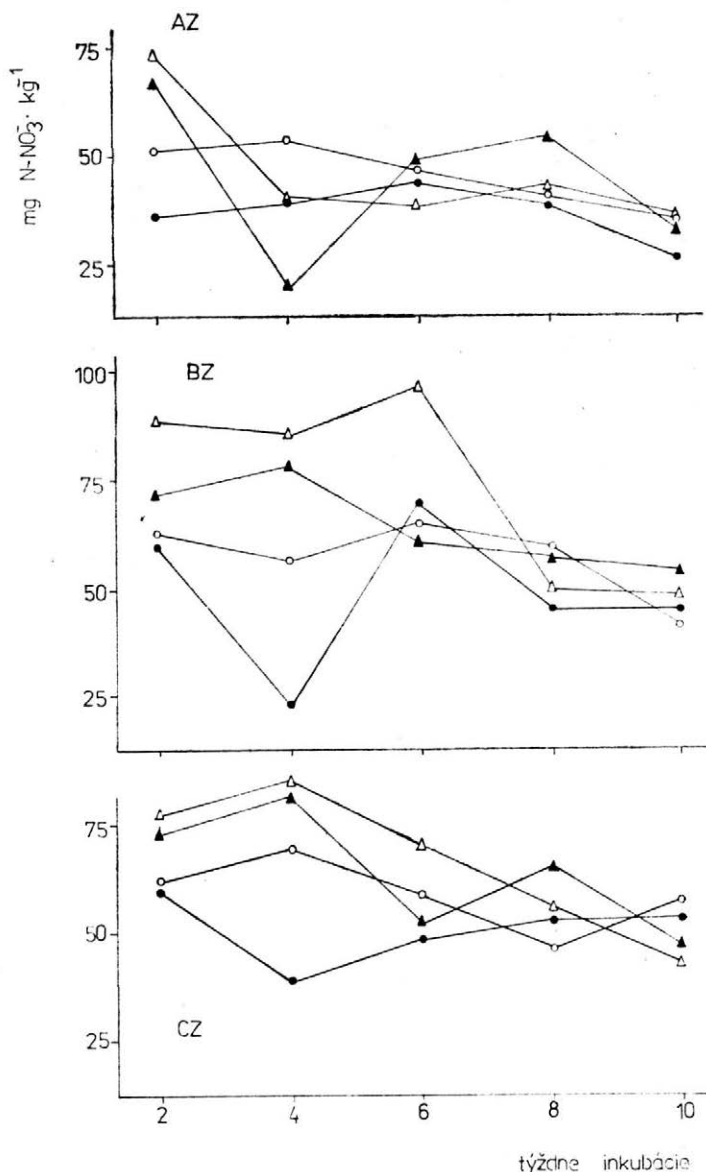
Y — teplota $8 \pm 2^\circ\text{C}$
 A — vlhkosť 40 % MKK
 B — vlhkosť 70 % MKK
 C — vlhkosť 100 % MKK
 ○ — kontrola
 ● — kontrola +
 + N-Serve
 △ — 90 kg N·ha⁻¹
 ▲ — 90 kg N·ha⁻¹ +
 + N-Serve

Vlhkostné pomery výrazne neovplyvnili dobu trvalého pôsobenia inhibičnej aktivity prípravku N-Serve. Tento ekologický faktor však nemožno úplne zanedbať, pretože výsledky naznačili, že pri vlhkosti 70 % MKK sa doba trvalej inhibície o jeden až dva týždne skraca (obr. 1 a 2).

Potvrdila sa teda predpokladaná skutočnosť, že účinnosť inhibítora N-Serve je obmedzená. Nejde však len o obmedzenie časové. Obmedzená je aj intenzita jeho inhibičnej účinnosti. Znamená to, že aj napriek aplikácii tohoto prípravku určitý stupeň nitrifikačnej aktivity v pôde nemožno vylúčiť. Preto sme aj vo variantoch s aplikovaným inhibítorom zaznamenali relatívne vysoký obsah dusičnanov (tab. I), a to najmä vtedy, ak sme do pôdy súčasne aplikovali aj hnojivý dusík. Inhibítor teda len znížil koncentráciu dusičnanov v pôde a vcelku pozitívne upravil pomer amoniakálneho dusíka k nitrátovému v prospech amoniaku. Stupeň uvedeného pôsobenia opätovne preukazuje závisel predovšetkým od teploty. Z tab. II a III vyplýva, že priemerne za celú dobu inkubácie

2. Dynamika obsahu dusičnanov počas inkubácie skúmaných variantov pôdnych vzoriek — The pattern of nitrate content during the incubation of the studied variants of soil samples

Z — teplota $28 \pm 1^\circ\text{C}$
 A — vlhkosť 40 % MKK
 B — vlhkosť 70 % MKK
 C — vlhkosť 100 % MKK
 ○ — kontrola
 ● — kontrola + N-Serve
 △ — 90 kg N.ha⁻¹
 ▲ — 90 kg N.ha⁻¹ + N-Serve



sa obsah dusičnanov výraznejšie znížil vtedy, ak inhibítor pôsobil v chladnejších podmienkach. Príčinou nemusí byť len dlhšia doba účinnosti inhibítora pri nižších teplotách. Predpokladať možno aj vyššiu inhibičnú aktivitu. Preukazuje to dokumentujú výsledky (¹⁵N) posudzujúce samostatne inhibíciu nitrifikácie dusíka z hnojiva (tab. IV). Ukázalo sa, že v chladnejších podmienkach inhibítor N-Serve výraznejšie obmedzil nitrifikáciu hnojivových zdrojov v porovnaní s vyššími inkubačnými teplotami a možno predpokladať, že tento jav rovnako platí aj pri potlačení nitrifikácie dusíka z pôdnych zdrojov.

Dusík dodaný vo forme hnojiva nepredstavuje inertnú zložku pôdneho minerálneho dusíka. Okrem účasti na formovaní obsahu amoniaku sa môže nitrifikovať, imobilizovať a súčasne aj strácať (v plynnej forme). S prihliadnutím na uvedené možnosti neprekvapuje, že len 10 až 20 % z aplikovanej dávky hnojiva sa objavilo v dusičnovej forme.

V absolútnych hodnotách to predstavovalo maximálne 6–7 mg N-NO_3^- . kg^{-1} [tab. IV]. V porovnaní s celkovo formovanými obsahmi dusičnanov v priebehu inkubácie predstavujú uvedené množstvá len malý podiel. Znamená to, že aj po pridaní dusíkatých hnojív sa rozhodujúco nitrifikujú predovšetkým pôdne amoniakálne zdroje. A to je jeden z hlavných argumentov vysvetlenia celkovo nízkej účinnosti prípravku N-Serve pri inhibícii nitrifikácie dodaného hnojivového dusíka [tab. IV].

Celkovo možno konštatovať, že zo skúmaných ekologických faktorov dominantne ovplyvnila aktivitu inhibítora N-Serve teplota. Neznamená to však, že vplyv vlhkosti na jeho aktivitu možno zanedbať. Výsledky naznačili, že tento inhibítor má výraznejšiu účinnosť pri vyšších vlhkostiach.

Literatúra

- BIELEK, P. — KUDLIČKOVÁ, J.: Straty dusíka z pôdy únikom jeho amoniakálnej formy do atmosféry. Ved. práce VÚPVR Bratislava, 11, 1981, s. 121–129.
- BOSWELL, F. C. — ANDERSON, O. E.: Nitrification inhibitor studies of soil in field-buried polyethylene bags. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38, 1974, s. 851–852.
- BREMNER, J. M. — KEENEY, D. R.: Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chim. Acta, 32, 1965, s. 485–495.
- KNOP, K.: Plynné ztráty dusíku ve formě NH_3 z průmyslových hnojiv. Rostl. Výr., 28, 1982, č. 9, s. 935–946.
- LIŠŤANSKÁ, J.: Vliv inhibitorů nitrifikace a ureázy na přeměnu dusíku v půdě. Rostl. Výr., 28, 1982a, č. 6, s. 577–585.
- LIŠŤANSKÁ, J.: Působení inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku v půdě při různých teplotách. Rostl. Výr., 28, 1982b, č. 11, s. 1177–1185.
- MEIKLE, R. W.: Prediction of ammonium nitrogen fertilizer disappearance from soils in the presence and absence of N-Serve nitrogen stabilizers. Soil Sci., 127, 1979, s. 292–299.
- NARAIN, P. — DATTA, N. P.: Influence of nitrification inhibitors and some insecticides on nitrification of urea under aerobic and water-logged conditions. Agrochimica, 18, 1973, s. 79–89.
- PRASAD, R. — RAJALE, G. B.: The influence of nitrification inhibitors and slow release nitrogen materials on transformations of fertilizer nitrogen in soils of fluctuating moisture content. Soil Biol. Biochem., 4, 1972, s. 451–457.
- TOUCHTON, J. T. — HOEFT, R. G. — WELCH, L. F.: Loss of nitrapyrin from soils as affected by pH and temperature. Agron. J., 71, 1979, s. 865–869.

Došlo dňa 12. 6. 1984

BIELEK, P. (Research Institute of Soil Science and Plant Nutrition, Bratislava): *The Hydrothermic Relations of the Action of the N-Serve Inhibitor*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1205–1212.

A laboratory incubation trial (10 weeks) was conducted to evaluate the inhibitory effect of the N-Serve preparation on the nitrification activity of alluvial chernozem soil. Inhibition was determined at three different moisture contents (40, 70, 100 % maximum capillary capacity), at two incubation temperatures ($7 \pm 2^\circ\text{C}$ and $20 \pm 1^\circ\text{C}$) without nitrogen application and with the application of 90 kg N — $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ per ha (^{15}N enrichment = 50 %). The inhibitor significantly reduced the content of nitrates under any conditions of temperature and moisture. At a lower temperature the time of inhibitor action was longer (8–10 weeks) in comparison with higher temperatures (6–8 weeks). Under colder conditions the average inhibition rate was also higher. At the soil moisture level of 70 % MCC the time of inhibitor action was shortened by 1 to 2 weeks. The inhibition of nitrogen nitrification in the supplied fertilizer was generally low.

N-Serve inhibitor; nitrification; nitrogen; nitrogen fertilization

Adresa autora:

RNDr. Pavol Bielek, CSc., Výskumný ústav pôdoznalectva a výživy rastlín, Rožňavská 23, 823 69 Bratislava

OVlivNĚNÍ PŘEMĚNY DUSÍKU V PŮDĚ NOVÝMI TYPY INHIBITORŮ NITRIFIKACE PŘI RŮZNÝCH PODMÍNKÁCH

J. Lišfanská

LIŠTANSKÁ, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Ovlivnění přeměny dusíku v půdě novými typy inhibitorů nitrifikace při různých podmínkách*. Rostl. Výr., 30, 1984 (11) : 1213-1224.

V laboratorních podmínkách byly se zeminou hnědozemního půdního typu sledovány pokusy s inhibitory nitrifikace ATC-60, ALC-60, Didinem a N-Serve. Pokusy byly zaměřeny na: a) porovnání vlivu všech sledovaných inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku močoviny a DAM 390 za působení přirozených teplot jednak zimního (26. 11. 1981—29. 3. 1982), jednak jarního a letního (8. 4.—4. 8. 1982) období; b) působení ALC-60 na přeměnu dusíku DAM 390 při různé vlhkosti zeminy (28 °C). Vliv sledovaných inhibitorů nitrifikace se projevil ve všech pokusech. V přirozených teplotách inhibitory potlačily nitrifikaci v zimním období během celého pokusu, v jarním a letním období, ve kterém byl nejúčinnější N-Serve, případně Didin, především během prvních sedmi týdnů. Ve srovnání s ATC-60 působil ALC-60 obdobně při použití s močovinou, avšak v kombinaci s DAM 390 bylo jeho působení nižší. Všechny inhibitory potlačily nitrifikaci výrazněji ve variantách s močovinou než s DAM 390. ALC-60, aplikovaný s DAM 390, zpomalil nitrifikaci při různém obsahu vlhkosti v zemině. Nejvýraznější inhibice nitrifikace vlivem ALC-60 byla zjištěna při 15 % (hmotnostních) vlhkosti, případně po jejím přechodném zvýšení na 25 % a opětném vyschnutí na 15 %.

hnědozem; přeměna dusíku v půdě; teplota; vlhkost půdy; močovina; kapalné hnojivo DAM 390; inhibitory nitrifikace (N-Serve, ATC-60, ALC-60, Didin)

Jedním ze způsobů usměrnění přeměny dusíku v půdě, s cílem snížení ztrát dusíku z půdy a tím zvýšení účinnosti N-hnojiv, je používání inhibitorů nitrifikace. Jejich účinnost může být ovlivněna vnějšími faktory, např. teplotou (Meikle, 1979; Sampei, 1972), vlhkostí zeminy (Rajale a Prasad, 1975; Sahrawat, 1980) a druhem hnojiva, se kterým jsou inhibitory nitrifikace používány (Bundy a Bremner, 1973; Das a Chatterjee, 1980).

Dosud bylo získáno nejvíce výsledků s 2-chlór-6-(trichlórmetyl)pyridinem, známým pod obchodním názvem N-Serve, který se na základě světových (Gasser, 1970; Sahrawat, 1980; Smirnov, 1979), eventuálně našich (Lišfanská a Apltauer, 1979) poznatků jeví jako jeden z nejúčinnějších inhibitorů nitrifikace. N-Serve má však i některé nepříznivé vlastnosti, především těkavost a nerozpustnost ve vodě, které se mohou obrazit ve snížení jeho účinnosti, nebo ve zvýšení nároků na způsob jeho aplikace. Proto se věnuje pozornost i jiným inhibitorům nitrifikace.

V příspěvku jsou uvedeny výsledky laboratorních pokusů s vybranými inhibitory nitrifikace. Pozornost byla zaměřena především na sloučeniny typu ATC (s obsahem aminotriazolu), které se v současné době jeví jako výrobně výhodné i v naší republice (Toman a Socha, 1981). Poznatků o inhibitech nitrifikace, obsahujících aminotriazol, je však v literatuře, ve srovnání s N-Serve, dosud málo. Jedny z prvních pokusů s těmito látkami uvedli Bundy a Bremner (1973). Pozornost zasluhuje i dikyandiamid, který je možno získat na světovém trhu pod obchodním názvem Didin (Rieder a Michaud, 1980).

MATERIÁL A METODY

V návaznosti na minulá sledování (Lišťanská a Apltauer, 1979) byly inkubovány vzorky zeminy (350 g suché zeminy) spolu s N-hnojivem a inhibitory nitrifikace v dózách z plastické hmoty. Metodika pokusů je uvedena v předcházející publikaci (Lišťanská, 1982a). Zemina v dózách byla pravidelně dvakrát týdně provzdušňována dmychadlem. Dusík byl zapraven v kapalném hnojivu DAM 390 (28,53 % N), případně i v močovíně (45,44 % N) v dávce 300 mg.kg⁻¹ N suché zeminy. Z inhibitorů nitrifikace (dále uváděno IN) byly sledovány:

- ATC-60 — 4-amino-1,2,4-triazol.HCl; 60 % účinné látky, Japonsko, dávka 10 mg.kg⁻¹ suché zeminy,
 ALC-60 — pokusně vyrobený preparát na bázi aminotriazolu; 60 % účinné látky, VŠCHT Pardubice — ČSSR (ing. Jar. Socha, CSc.), dávka 10 mg.kg⁻¹ suché zeminy,
 Didin — dikyandiamid; 99,5 % účinné látky, 66,5 % N, NSR, dávka 15 % z hmotnosti dusíku v hnojivu,
 N-Serve 240 — 2-chlór-6-(trichlórmetyl)pyridin; 24 % účinné látky, USA, dávka 5 mg.kg⁻¹ suché zeminy.

Charakteristiku zeminy hnědozemě z Prahy-Ruzyně (jílovito-hlinité půdy na spraši, středně těžké až těžké) uvádí tab. I.

I. Charakteristika zeminy hnědozemě (Praha-Ruzyně) — Characteristics of the soil of gray-brown podzolic type (Praha-Ruzyně)

Číslo zeminy	pH (KCl)	P	K	Mg	N _t	C _{ox} %	Humus	C : N
		mg. 1000 g ⁻¹ zem.						
1	6,9	111	149	62	0,11	1,10	1,89	10,0 : 1
2	7,0	86	132	65	0,14	1,17	1,84	8,4 : 1

POKUS A) VLIV INHIBITORŮ NITRIFIKACE NA PŘEMĚNU N MOČOVINY A DAM 390 V ZEMINĚ HNĚDOZEMĚ ZA PŮSOBNÍ PŘIROZENÝCH TEPLOT

Pokus byl založen se zemínou č. 1. Vlhkost zeminy — 16 % hmotnostních — byla během pokusu udržována. Dózy se zemínou byly zapraveny do ornice tak, že povrch zeminy v dózách byl na úrovni okolní ornice. Pokusy byly založeny v Praze-Ruzyni a probíhaly jednak během zimního, jednak během jarního a letního období.

Zimní období založení pokusu: 26. 11. 1981,
 odběry vzorků: 1. 2., 1. 3., 29. 3. 1982.

Jarní a letní období založení pokusu: 8. 4. 1982,
 odběry vzorků: 27. 4., 10. 5., 24. 5., 7. 6., 21. 6., 5. 7., 4. 8. 1982.

Varianty: kontrola (bez N, bez inhibitorů),
 močovina (MO), MO+N-Serve, MO+ATC-60, MO+ALC-60, MO+Didin,
 DAM 390 (DAM), DAM+N-Serve, DAM+ATC-60, DAM+ALC-60, DAM+
 +Didin.

POKUS B) PŮSOBNÍ ALC-60 NA PŘEMĚNU DUSÍKU DAM 390 PŘI RŮZNÝCH VLÁHOVÝCH PODMÍNKÁCH V ZEMINĚ HNĚDOZEMĚ

Pokus byl založen se zeminou č. 2, dózy byly ponechány v termostatu při 28 °C, vzorky byly odebrány pětikrát během 82 dní (za 18, 32, 46, 60 a 82 dní).

Varianty hnojení: kontrola, DAM, DAM+ALC-60.

Varianty vláhových podmínek (hmotnostní %):

1. 50% vlhkosti, za 21 dnů 15 % vlhkosti, udržováno do konce pokusu,
2. 50% vlhkosti, za 21 dnů 25 % vlhkosti, vyschnutí na 15 % vlhkosti, udržováno do konce pokusu,
3. 15% vlhkosti, udržováno do konce pokusu,
4. 15% vlhkosti, za 21 dnů 25 % vlhkosti, ponecháno k vyschnutí,
5. 25% vlhkosti udržováno do konce pokusu.

Při odběrech všech vzorků bylo vždy ze dvou opakování zjišťováno množství NH_4^+-N (kolorimetricky — Nesslerovým činidlem) a množství NO_3^--N (iontové selektivní nitrátovou elektrodou Crytur). Mimo to bylo zjišťováno množství NO_2^--N (kolorimetricky — Griessovým činidlem). Přehled průměrných teplot (°C) zjištěných po měsíčních dekádách pokusného období uvádí tab. II.

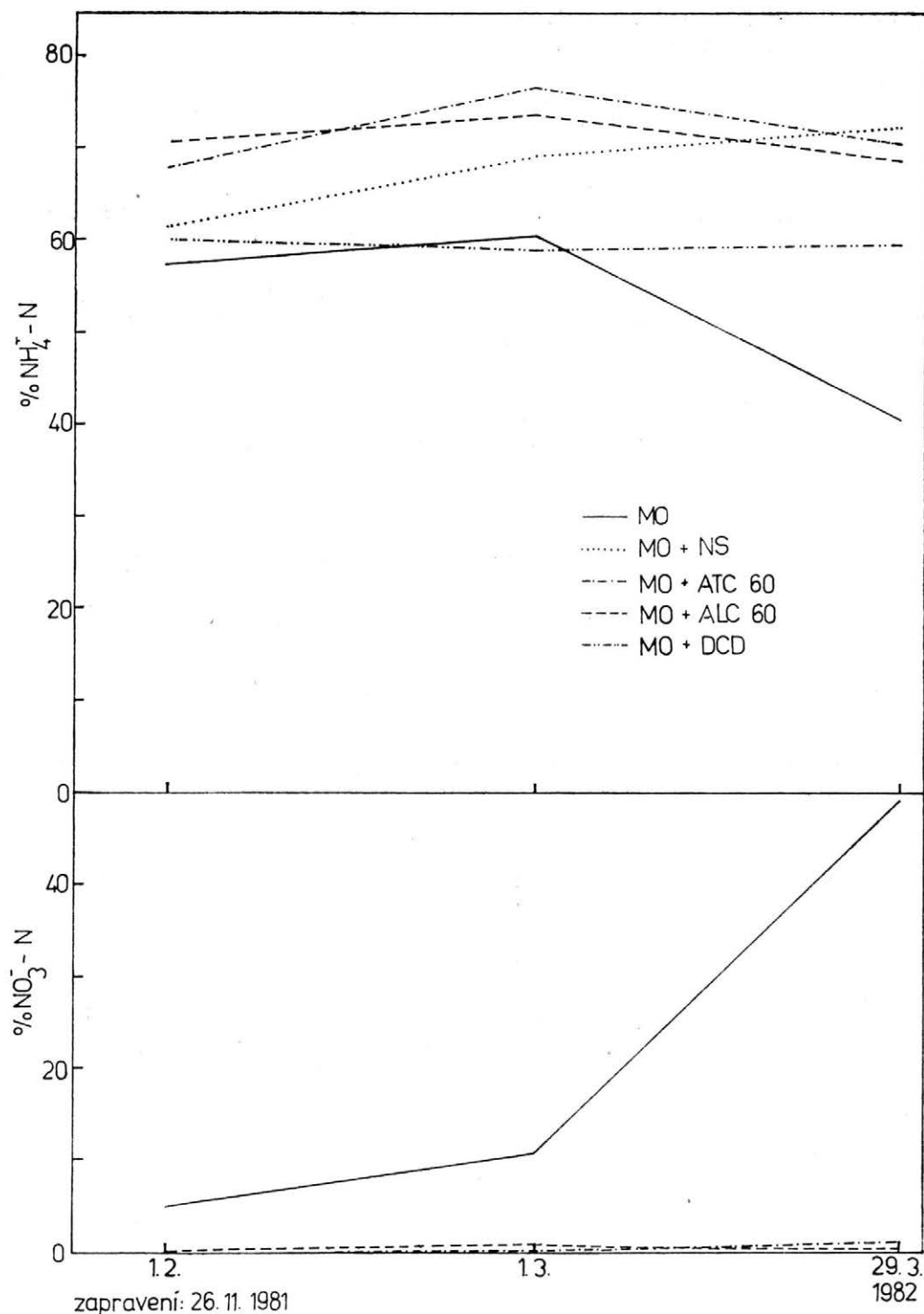
II. Přehled průměrných teplot (°C) v pokusném období 1981—1982 — A survey of average temperatures (°C) in the 1981—1982 test period

Rok	Dekáda	Měsíc									
		1	2	3	4	5	6	7	8	11	12
1981	I									4,9	0,6
	II									2,9	-4,9
	III									5,2	-2,8
1982	I	- 2,2	-0,9	3,7	8,0	10,5	21,7	17,3	20,2		
	II	-13,4	-0,7	2,7	5,4	14,6	13,7	20,7	19,7		
	III	- 1,2	-2,2	5,8	6,4	15,5	16,7	20,1	15,9		

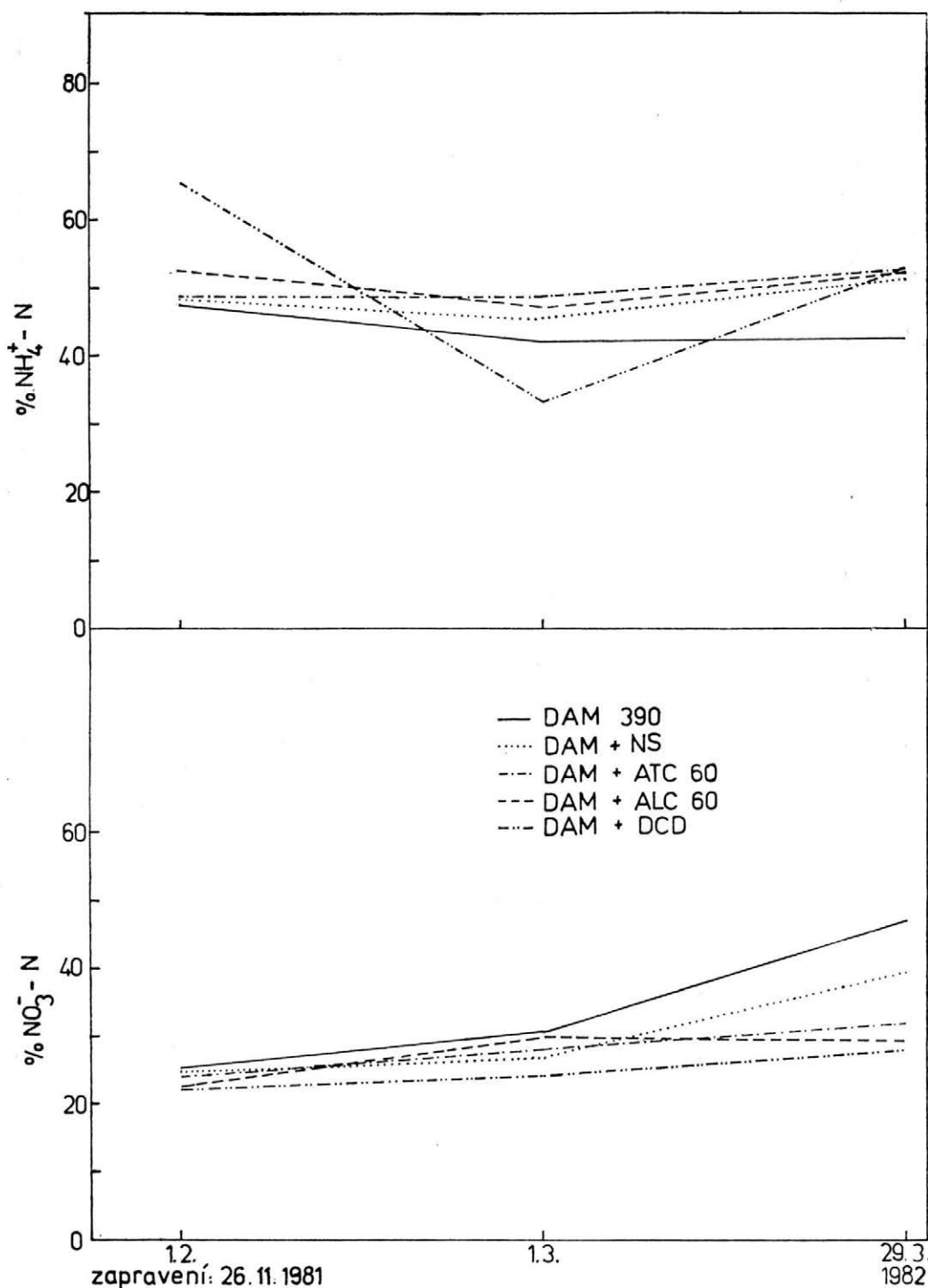
VÝSLEDKY

V obr. 1—5 jsou uvedeny údaje v procentech, která jsou vypočítána vzhledem k původně aplikovanému množství dusíku v hnojivech ze zjištěného množství dusíku při jednotlivých odběrech po odečtení hodnot získaných u kontrolní varianty.

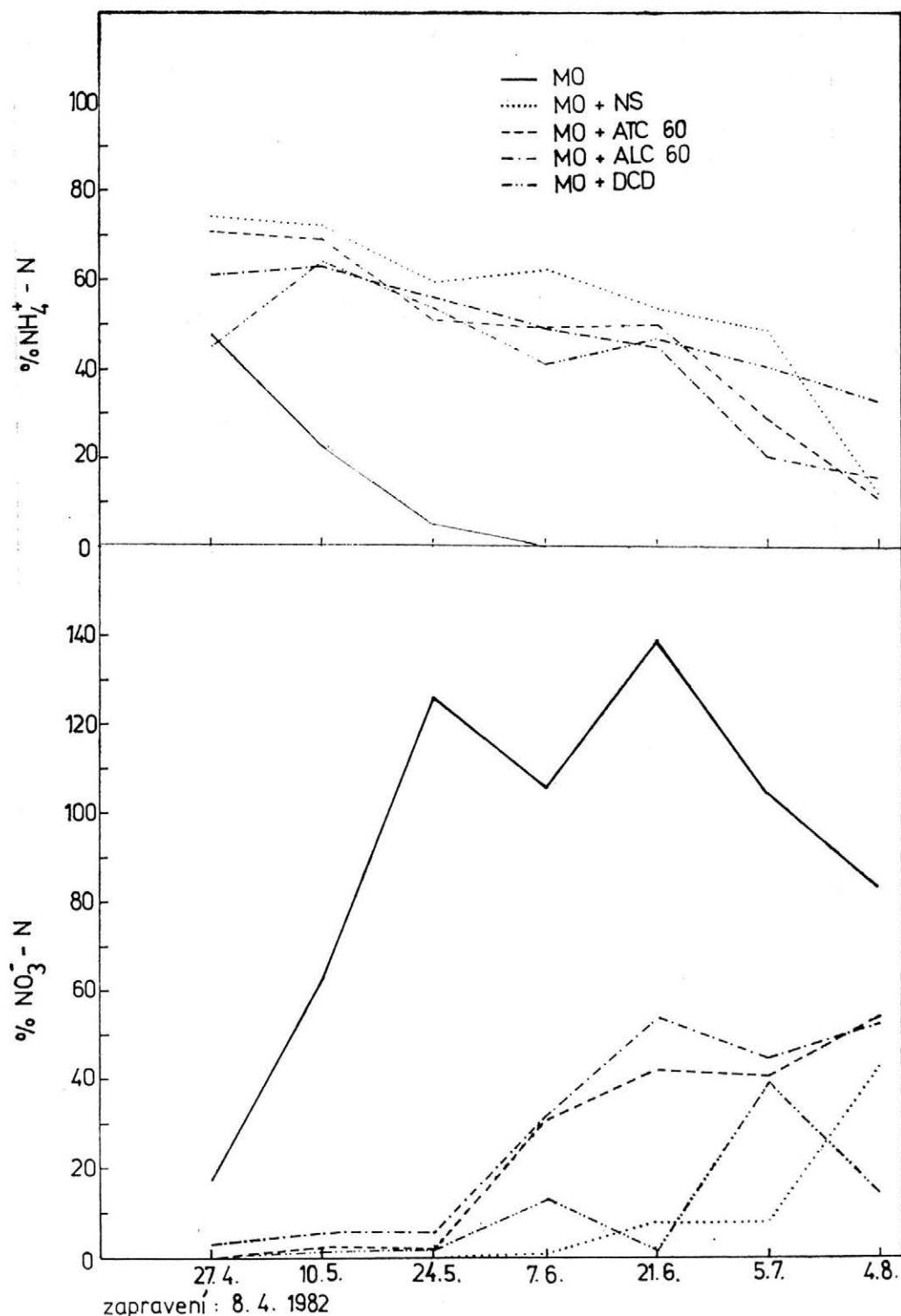
Výsledky prvního typu pokusu jsou uvedeny v obr. 1—4. V přirozených teplotách zimního období 1981/82 (obr. 1 a 2) byla po aplikaci všech sledovaných IN potlačena nitrifikace v průběhu celého zimního období až do konce pokusu (29. 3.), což se projevilo výrazněji při za-



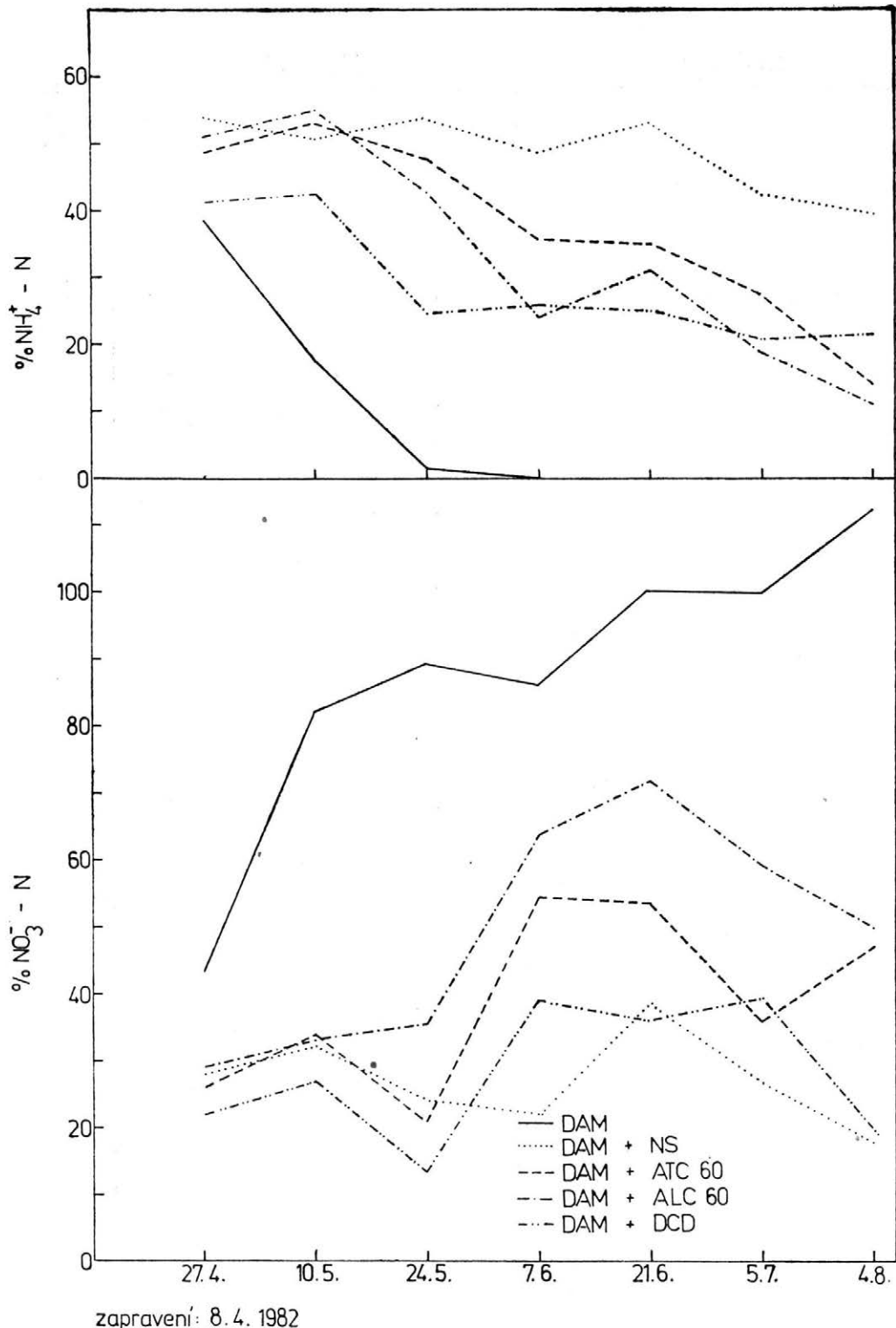
1. Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku močoviny v zemině hnědozemě za působení přirozených teplot zimního období 1981/82 — The effect of nitrification inhibitors on the transformation of urea nitrogen in the soil of gray-brown podzolic type at the natural temperatures of the winter season 1981/82



2. Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku DAM 390 v zemině hnědozemě za působení přirozených teplot zimního období 1981/82 — The effect of nitrification inhibitors on transformation of DAM 390 nitrogen in the soil of gray-brown podzolic type at the natural temperatures of the winter season 1981/82

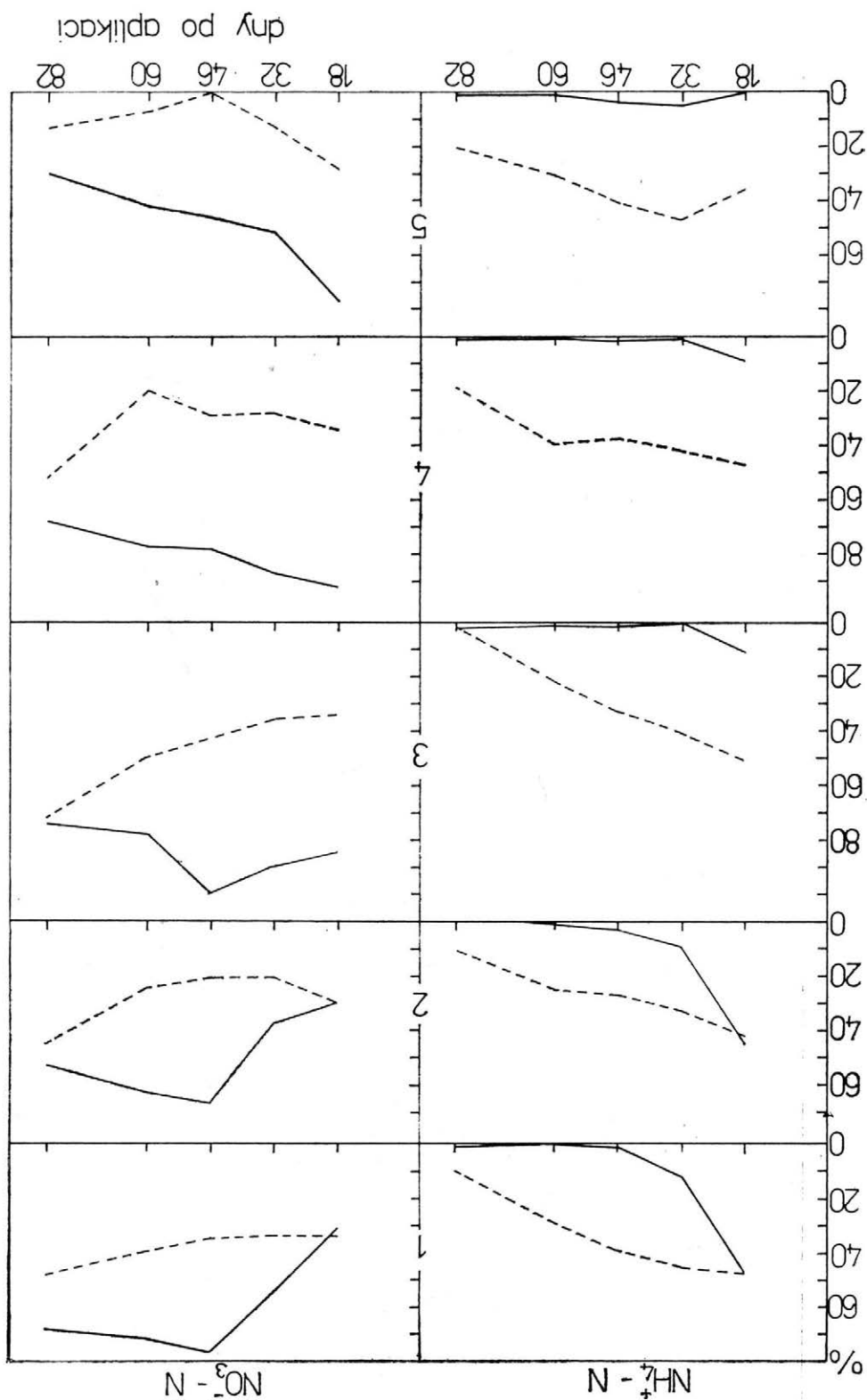


3. Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku močoviny v zemině hnědozemě za působení přirozených teplot vegetačního období 1982 — The effect of nitrification inhibitors on the transformation of urea nitrogen in the soil of gray-brown podzolic type at the natural temperatures of the growing season 1982



zapravení: 8.4.1982

4. Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku DAM 390 v zemině hnědozemě za působení přirozených teplot vegetačního období 1982 — The effect of nitrification inhibitors on the transformation of DAM 390 nitrogen in the soil of gray-brown podzolic type at the natural temperatures of the growing season 1982



5. Působení ALC-60 na přeměnu dusíku DAM 390 při různých vláhových podmínkách v zemině hnědozemě při 28 °C — The action of ALC-60 on the transformation of DAM 390 nitrogen at different moisture levels in the soil of gray-brown podzolic type at 28 °C

III. Množství $\text{NO}_2^- \text{-N}$ (‰) z původně aplikovaného dusíku při jednotlivých odběrech — The amount of $\text{NO}_2^- \text{-N}$ (‰) of the originally applied nitrogen as found at different samplings

Varianta	Zimní období		Jarní a letní období		
	1. 2.	1. 3.	29. 3.	27. 4.	10. 5.
Močovina	1,7	3,4	1,0	8,7	5,3
DAM 390	2,8	3,2	5,1	5,4	0,9

pravení s močovinou než DAM 390. Ve variantách s DAM 390 bylo při rozborech patrné nejen množství $\text{NO}_3\text{-N}$ obsažené v hnojivu (přibližně 1/4), ale koncem března se zvýšilo i množství dusíku kromě varianty s DAM 390 bez IN, také po zapravení N-Serve. U dalších variant DAM 390 s IN (ATC-60, ALC-60, Didin) bylo zjištěno o 7—10 % $\text{NO}_3\text{-N}$ méně ve srovnání s N-Serve.

V přirozených teplotách jarního a letního období 1982 (obr. 3 a 4) byla velmi výrazně zpomalena nitrifikace všemi IN při zapravení s oběma hnojivy do 24. 5., tj. přibližně během prvních sedmi týdnů. V průběhu celého pokusu, tj. čtyř měsíců, působil nejúčinněji N-Serve, případně Didin a naopak relativně nejnižší účinnost byla zřejmá ve variantě s ALC-60, především v kombinaci s DAM 390. ALC-60 působil ve srovnání s ATC-60 obdobně v kombinaci s močovinou, avšak při použití s DAM 390 bylo od 27. 4. v dalším průběhu pokusu zjišťováno ve variantě s ALC-60 v průměru přibližně o 14 % $\text{NO}_3^- \text{-N}$ více než ve variantě s ATC-60. Vliv všech sledovaných IN na potlačení nitrifikace se však projevil v průběhu celého pokusu.

Nitritový dusík byl zjištěn ve významném množství pouze ve variantách bez IN, kdy během zimního období byl zjištěn $\text{NO}_2^- \text{-N}$ při všech odběrech, v jarním a letním období pouze při prvních dvou odběrech. Množství $\text{NO}_2^- \text{-N}$, vyjádřené v % z původně aplikovaného dusíku zjištěné při jednotlivých odběrech uvádí tab. III. Výsledky druhého typu pokusu jsou uvedeny v obr. 5. Inhibiční vliv ALC-60 na průběh nitrifikace dusíku z DAM 390 se projevil ve všech variantách pokusu. Pro doplnění výsledků uvádíme přehled skutečně zjištěného množství vlhkosti v zemině při jednotlivých odběrech (tab. IV). Při nedostatku vláhy (5 % vlhkosti) na začátku pokusu (var. 1, 2) se neprojevil vliv ALC-60. Rozdíl

IV. Množství vlhkosti v zemině zjištěné za 82 dní (hmotností ‰) — The soil moisture level (weight ‰) as found after 82 days

Varianta č.	18	32	46	60	82
1	4,6	14,2	14,0	14,4	14,4
2	4,6	21,8	20,6	18,8	15,5
3	14,1	14,2	13,8	14,2	14,4
4	14,1	22,3	20,6	19,1	15,1
5	23,1	24,1	24,0	23,9	24,1

v množství zjištěného minerálního dusíku mezi variantami s použitím a bez použití ALC-60 se projevil až po zvýšení obsahu vlhkosti v zemině. Při vyšší vlhkosti (var. 2) bylo v průběhu pokusu jak s použitím, tak bez použití ALC-60 zjišťováno přibližně o 10–15 % NO_3^- -N méně než při 15% obsahu vlhkosti (var. 1).

Ve variantách s vyšším počátečním obsahem vlhkosti — 15 a 25 % — v zemině (var. 3–5) se značný inhibiční vliv ALC-60 projevil především během prvních 46 dnů. Po zapravení DAM 390 bez IN bylo zjištěno nejvyšší množství NO_3^- -N při udržování 15% vlhkosti v průběhu celého pokusu, kdežto při udržování 25% vlhkosti bylo zjišťované množství NO_3^- -N v průběhu celého pokusu podstatně nižší.

Nejvýraznější rozdíly v množství NO_3^- -N mezi variantami s ALC-60 a bez tohoto IN byly patrné ve var. 4, tj. při počátečním obsahu 15% vlhkosti v zemině, za tři týdny ovlhčené na 25 % vlhkosti a postupným vysychání až přibližně na 15 % vlhkosti; největší rozdíl — přibližně 57 % NO_3^- -N — byl zjištěn ve var. 3 za 46 dní a ve var. 4 za 60 dní po aplikaci. Koncem pokusu, tj. za 82 dní, se inhibiční působení ALC-60 na nitrifikaci ve všech variantách značně snížilo. NO_2^- -N, sledovaný při všech odběrech, byl patrný pouze ve variantách s DAM-390 bez IN za 32 dní od začátku pokusu a to jen ve variantách s vyšší vlhkostí (var. 2 — 0,6 %, var. 5 — 2,7 %). Po zapravení ALC-60 nebyl NO_2^- -N zjištěn u žádné z variant.

DISKUSE

Výsledky pokusů, týkající se vlivu IN na nitrifikaci močoviny a DAM 390 za působení přirozených teplot, navazují a současně potvrzují výsledky našich dřívějších sledování (Lišřanská 1982b), ve kterých byla zaměřena pozornost na inhibitory nitrifikace N-Serve, případně AM (2-amino-4-chlór-6-metyl pyrimidin). Z nově předložených výsledků se ukázalo, že také inhibitory s obsahem aminotriazolu a Didin působily výrazněji při vyšších teplotách, příznivějších pro nitrifikaci, než při nízkých teplotách, vyskytujících se v průběhu zimního období, kdy se jejich vliv projevil až po zvýšení teplot na začátku jara.

Rozdíly v působení jednotlivých IN byly patrné i při jejich použití s různými dusíkatými hnojivy, v našem pokuse s močovinou a DAM 390. Je zřejmé, že vzhledem ke složení DAM 390, ve kterém je 25 % dusíku obsaženo v nitrátové formě, nemůže být potlačen výskyt NO_3^- -N v takové míře jako u hnojiva obsahujícího amidický dusík, který poměrně rychle hydrolyzuje na NH_4^+ -N. Podobně Das a Chatterjee (1980) pozorovali účinnější působení N-Serve při použití s močovinou ve srovnání a LAV.

Pokus, sledující vliv různých vláhových podmínek na působení ALC-60, navazuje na naše sledování s N-Serve (Lišřanská, 1982a). Nejúčinnější působení ALC-60, podobně jako již dříve zjištěné nejúčinnější působení N-Serve, bylo patrné při optimální vlhkosti pro nitrifikaci, tj. přibližně při 60 % maximální vodní kapacity, což odpovídá 15 % hmotnostní vlhkosti v zemině.

Celkově se z výsledků jeví, že inhibitory nitrifikace obsahující aminotriazol nepochybně zasluhují pozornost při dalším sledování, kdy dosud získané výsledky bude nutné doplnit dalšími poznatky, včetně po-

zntaků z vegetačních pokusů. V této oblasti např. Maftoun et al. (1981) zjistili, že při aplikaci aminotriazolu k leguminózám až do výše 20 mg.1000 g⁻¹ zeminy nebyl inhibován růst rostlin, kdežto po zapravení stejných dávek N-Serve byl růst rostlin zpomalen.

Z dosažených výsledků s Didinem je zřejmé, že i tomuto inhibitoru nitrifikace by bylo účelné věnovat pozornost, zejména proto, že dikyandiamid, jenž tvoří podstatu tohoto inhibitoru, po rozložení v půdě neza nechává rezidua a dále působí jako dusíkaté hnojivo (Amberger, 1983).

Literatura

- AMBERGER, A.: Ways to control the availability, turnover and losses of mineral fertilizer N in soils. "Symposium on Research into Agrotechnical Methods", Geneva, 1983.
- BUNDY, L. G. — BREMNER, J. M.: Inhibition of nitrification in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37, 1973, s. 396-398.
- DAS, M. — CHATTERJEE, B. N.: N-Serve treated urea and calcium ammonium nitrate for transplanted rice. Oryza, 17, 1980, s. 12-17.
- GASSER, J. K. R.: Nitrification inhibitors — their occurrence, production and effects of their use on crop yields and composition. Soils and Fertil., 33, 1970, s. 547-554.
- LIŠTANSKÁ, J.: Vliv inhibitorů nitrifikace a ureázy na přeměnu dusíku v půdě. Rostl. Výr., 28, 1982a, s. 577-585.
- LIŠTANSKÁ, J.: Působení inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku v půdě při různých teplotách. Rostl. Výr., 28, 1982b, s. 1177-1185.
- LIŠTANSKÁ, J. — APLTAUER, J.: Výsledky výzkumu účinnosti inhibitorů nitrifikace. Agrochémia, 19, 1979, s. 134-136.
- MAFTOUN, M. — JASREBI, J. — DARBEHESHTI, M.: Comparative phytotoxicity of nitrapyrin and ATC to several leguminous species. Pl. and Soil, 63, 1981, s. 303-306.
- MEIKLE, R. W.: Prediction of ammonium nitrogen fertilizer disappearance from soils in the presence and absence of N-Serve nitrogen stabilizers. Soil Sci., 127, 1979, s. 292-299.
- RAJALE, G. B. — PRASAD, R.: Nitrogen and water management for irrigated rice. Riso, 24, 1975, s. 117-125.
- RIEDER, G. — MICHAUD, H.: Improving fertilizer efficiency. The use of dicyandiamide-containing nitrification inhibitor. Nitrogen, 124, 1980, s. 31-35.
- SAHRAWAT, K. L.: Control of urea hydrolysis and nitrification in soil by chemicals — prospects and problems. Pl. and Soil, 57, 1980, s. 335-352.
- SAMPEI, M.: Study on nitrification inhibitors. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., Series B, 23, 1972, s. 79-145.
- SMIRNOV, P. M.: Povyšeniye effektivnosti azotnykh udobreniy i sniženiye potěr azota iz počvy s pomoščju ingibitorov nitrifikacii. Sbornik Naučnykh Trudov, Moskva, 1979, s. 21-31.
- TOMAN, J. — SOCHA, J.: Zefektivnění využití dusíku v zemědělství — nitrifikační inhibitory. Chemické listy, 75, 1981, s. 743-752.

Došlo dne 12. 6. 1984

ЛИШТЯНСКА, Я. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага - Рузыне): Обусловливание преобразования азота в почве новыми типами ингибиторов нитрификации при разных условиях. Rostl. Výr., 30, 1984 (11): 1213-1224.

В лабораторных условиях с грунтом буроземного почвенного типа проводились опыты с ингибиторами нитрификации АТС-60, АLC-60, дилином и Н-серве. Опыты были направлены на: а) сравнение влияния всех изучаемых ингибиторов нитрификации на преобразование азота мочевины и ДАМ 390 при действии естественных температур как зимнего (26. 11. 1981 — 29. 3. 1982), так и весеннего и летнего (8. 4. — 4. 8. 1982 г.) периодов, б) действие АLC-60

на преобразование азота ДАМ 390 при разной влажности грунта (28 °C). Влияние изучаемых ингибиторов нитрификации проявилось во всех опытах. При естественных температурах ингибиторы подавляли нитрификацию в зимний период в течение всего опыта; весной и летом, когда больше всего действовал Н-серве, или же дидин, скорее всего в течение первых семи недель. По сравнению с АТС-60, АЛС-60 действовал так же, как с применением мочевины, однако в комбинации с ДАМ 390 он действовал гораздо слабее. Все ингибиторы подавляли нитрификацию явнее в вариантах с мочевиной, чем с ДАМ 390. АЛС-60 вместе с ДАМ 390 замедляли нитрификацию при разном содержании влажности в грунте. Самая резкая ингибция нитрификации под действием АЛС-60 была установлена при 15% (по массе) влажности, или же после ее временного повышения до 25% и повторного высыхания до 15%.

бурозем; преобразование азота в почве; температура; влажность; мочевина; жидкое удобрение ДАМ 390; ингибиторы нитрификации (Н-серве, АТС-60, АЛС-60, дидин)

LIŠŤANSKÁ, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *Influencing the Transformation of Nitrogen in Soil through New Nitrification Inhibitors under Different Conditions*. Rostl. Výt., 30, 1984 (11) : 1213-1224.

Under laboratory conditions, trials with the АТС-60, АЛС-60, Didin (dicyandiamide) and N-Serve nitrification inhibitors were performed with the soil of gray-brown podzolic type. The trials aimed at: a) a comparison of the effect of all the nitrification inhibitors under study upon the transformation of urea and ДАМ 390 nitrogen in exposure to natural winter temperatures (from the 26th of November 1981 to the 29th of March 1982) and to natural spring and summer temperatures (from the 8th of April to the 4th of August 1982); b) examination of the effect of АЛС-60 on the conversion of ДАМ 390 nitrogen at different soil moisture levels at a temperature of 28 °C. Nitrification inhibitors were observed to have an influence in all the trials. Under natural conditions of temperature, the inhibitors suppressed nitrification in the winter season throughout the trial; in the spring and summer seasons, in which N-Serve and sometimes Didin had the highest effect, the suppression of nitrification was most pronounced in the first seven weeks. In comparison with АТС-60, the АЛС-60 inhibitor had a similar effect when used with urea but when used with ДАМ 390 its effect was lower. All the inhibitors suppressed nitrification more significantly in variants with urea than in those with ДАМ 390. АЛС-60 applied with ДАМ 390 slowed down nitrification at different soil moisture levels. The highest nitrification inhibition caused by АЛС-60 was recorded at 15% moisture (weight %), and/or after its transient increase to 25% followed by drying to 15%.

gray-brown podzolic soil; soil nitrogen transformation; temperature; soil moisture levels; urea; ДАМ 390 liquid fertilizer; nitrification inhibitors (N-Serve, АТС-60, АЛС-60, Didin)

Adresa autorky:

Ing. Jana Lišťanská, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha - Ruzyně

OBSAH — Půdní mikrobiologie

Kováčik A.: K 60. narozeninám doc. dr. ing. Bohumíra Nováka, DrSc., člena ČSAZ	1113
Kunc F., Rybářová J.: Mineralizace ^{14}C -2,4-D v půdě: Vliv glukózy a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ při různých teplotách	1115
Kubista K.: Dehydrogenázová aktivita v zavlažované půdě	1121
Pokorná J., Bönischová S., Möllerová J.: Biologický efekt hnojení v různých agroekosystémech	1129
Apfelthaler R.: Vliv organického a organicko-minerálního hnojení na rozklad půdní organické hmoty a využití dusíku	1137
Kubát J., Vrzáková E.: Stanovení rozložitelné části humusu v různých půdách ČSR	1145
Löbl F., Štiková A., Wagnerová V., Kh. Rustam: Kvalita průmyslově vyráběných kompostů a jejich pokračující přeměna v různých půdně-klimatických podmínkách	1151
Marečková H., Brožová O.: Symbiotická fixace dusíku u vojtěšky	1163
Škrdleta V., Němcová M., Lisá L., Gaudinová A.: Respirace kořenů a potenciální fixace N_2 u hrachu v závislosti na zdroji dusíkaté výživy	1171
Úlehlová B., Šimek M., Tesařík K.: Fixace atmosférického dusíku a denitrifikace v travních ekosystémech	1179
Kopčanová L., Rehořková V., Števílková T.: Regulácia premien dusíka inhibítorom nitrifikácie N-Serve	1185
Apltauer J., Vančurová H., Lesíková O.: Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku kapalného hnojiva DAM 390	1191
Bielek P.: Hydrotermická závislost účinnosti inhibítora N-Serve	1205
Lišťanská J.: Ovlivnění přeměny dusíku v půdě novými typy inhibitorů nitrifikace při různých podmínkách	1213

СОДЕРЖАНИЕ — Программирование урожая

Кунц Ф., Рыбаржова И.: Минерализация ^{14}C -2,4-Д в почве: Влияние глюкозы и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ при различных температурах	(A) 1120
Кубиста К.: Дегидрогеназная активность в орошенной почве	1128
Покорна Я., Бонишова С., Мюллерова Я.: Биологический эффект удобрения в разных агроэкосистемах	1135
Апфелталер Р.: Влияние органического и органо-минерального удобрения на разложение почвенной органической массы и использование азота	1142
Кубат Я., Врзакова Э.: Определение разложимых частей гумуса в разных почвах ЧСР	1149
Лобл Ф., Штикова А., Вагнерова В., К. Рустам: Качество промышленно выпускаемых компостов и их дальнейшее преобразование в разных почвенно-климатических условиях	1161
Маречкова Г., Брозова О.: Симбиотическая азотфиксация у люцерны	1169
Шкрдлета В., Немцова М., Лиса Л., Гаудинова А.: Дыхание корней и потенциальная азотфиксация гороха в зависимости от источника азотного питания	(A) 1178
Улеглова Б., Шимек М., Тесаржик К.: Фиксация атмосферного азота и его денитрификация в травяных экосистемах	1184
Копчанова Л., Ржегоржкова В., Штевликова Т.: Регулирование превращений азота ингибитором нитрификации Н-Серве	(A) 1190
Аплтауер И., Ванчурова Г., Лесикова О.: Влияние ингибиторов нитрификации на преобразование азота жидкого удобрения ДАМ 390	1204
Биелек П.: Гидротермическая зависимость эффективности ингибитора Н-Серве	(A) 1212
Лиштянска Я.: Обусловливание преобразования азота в почве новыми типами ингибиторов нитрификации при разных условиях	1223

CONTENTS — Soil Microbiology

Kunc F., Rybářová J.: Mineralization of ^{14}C -2,4-D in the Soil: Effect of Glucose and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ at Different Temperatures	1120
Kubista K.: Dehydrogenase Activity in Irrigated Soil	1128
Pokorná J., Bönischová S., Möllerová J.: The Biological Effect of Fertilization in Different Agroecosystems	1135
Apfelthaler R.: The Effect of Organic Manuring and Organo-Mineral Fertilization on the Decomposition of Soil Organic Matter and on Nitrogen Utilization	1143
Kubát J., Vrzáková E.: Determination of the Decomposable Part of Humus in Different Soils of the Czech Socialist Republic	1150
Löbl F., Štiková A., Wagnerová V., Kh. Rustam: The Quality of Commercial Composts and their Transformations under Different Conditions of Climate and Soil	1162
Marečková H., Brožová O.: Symbiotic Nitrogen Fixation in Lucerne	1169
Škrdleta V., Němcová M., Lisá L., Gaudinová A.: Root Respiration and Potential N_2 Fixation in Pea in relation to the Source of Nitrogen Nutrition	1178
Úlehlová B., Šimek M., Tesařík K.: Fixation of Atmospheric Nitrogen and Denitrification in Grassland Ecosystems	1184
Kopčanová L., Řehořková V., Števlíková T.: Controlling Nitrogen Transformations by the N-Serve Nitrification Inhibitor	1190
Apltaufer J., Vančurová H., Lesíková O.: The Effect of Nitrification Inhibitors on the Transformation of Nitrogen in the DAM 390 Liquid Fertilizer	1204
Bielek P.: The Hydrothermic Relations of the Action of the N-Serve Inhibitor	1212
Lišťanská J.: Influencing the Transformation of Nitrogen in Soil through New Nitrification Inhibitors under Different Conditions	1224

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2.