



ROSTLINNÁ VÝROBA

MIKROBIOLOGIE

9

ROČNÍK 34 (LXI)
PRAHA
ZÁŘÍ 1988
CENA 18 Kčs
ROVYAM 34 (9)
897—1008
CS ISSN 0370-663X

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Řídí redakční rada: Prof. ing. Václav Fric, CSc. (předseda), ing. Jiří Apltaufer, CSc., ing. Jan Baier, DrSc., ing. Ivo Bareš, DrSc., dr. ing. Zbyněk Facek, CSc., ing. Rudolf Findejs, CSc., ing. Jozef Habovštiak, CSc., ing. Josef Hlaváček, CSc., prof. ing. František Hron, DrSc., doc. ing. Jozef Húska, CSc., ing. Josef Kopřiva, CSc., prof. ing. Jaroslav Krejčíř, CSc., ing. František Mráz, CSc., doc. RNDr. Jan Novák, CSc., prof. ing. Stanislav Procházka, DrSc., doc. ing. Jaroslav Prugar, DrSc., prof. ing. Václav Rybáček, CSc., ing. Josef Slepíčka, CSc., ing. Miron Suškevič, CSc., RNDr. Vladimír Škrdleta, CSc., prof. ing. Ján Švihra, DrSc., ing. Juraj Uhliar, CSc., doc. ing. František Vlček, CSc., doc. ing. Josef Vondrys, CSc., ing. Jaroslav Voškeruša, CSc., ing. František Vrkoč, DrSc., ing. Ludmila Zenišečeva, DrSc.

Za vedení časopisu odpovídá prof. ing. Václav Fric, CSc.

Redaktorka RNDr. Eva Stříbrná

OBSAH — Mikrobiologie

Apltaufer J.: Úvodník	897
Škrdleta V., Lisá L., Němcová M., Hádek J., Kovářová D.: Symbióza hrachu s rhizobii a její endogenní regulace	899
Máchova M.: Sezónní profil biologické fixace vzdušného dusíku a jetele luč- ního v prvním a druhém užitkovém roce	907
Šimek M.: Nitrogenázová aktivita (symbiotická fixace dusíku) a jetele lučního (<i>Trifolium pratense</i> L.)	919
Kromka M.: Biologická fixácia atmosferického dusíka a plynné straty dusíka z pôdy do atmosféry	927
Kubista K., Klíma M., Rychlý I.: Amonifikace a nitrifikace v dlouho- době zavlažované půdě	935
Ivanič J., Pačuta V.: Zmeny v obsahu vybraných frakcií dusíka v pôde počas vegetácie ozimnej pšenice	943
Mouchová H., Klír J., Benešová J.: Využití dusíku rostlinami a jeho vyplavení z půdy a hnojiva v lyzimetrech	951
Lištanská J.: Vliv nových typů inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku a respirační aktivitu v půdě	961
Kopčanová L., Bumbala L.: Tiomočovina ako inhibitor nitrifikácie	969
Apltaufer J., Lištanská J.: Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě v polních modelových pokusech	977
Dražďák K.: Plynné produkty denitrifikace a jejich stanovení	985
Braunová O., Šíroková K.: Dynamika dusíka a uhlíka v biomase mikromycet	995
Tylová A.: Stanovení biomasy půdní mikroflóry pomocí Jenkinsonova testu	1003

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Benešová J.: Ochrana kvality vody před škodlivými emisemi se zvláštním zřetelem na nitráty	906
---	-----

RECENZE

Zelený F.: W. Bergmann: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen — Entstehung, visuelle und analytische Diagnose	918
Novák B.: V. Vančura, F. Kunc (Eds): Soil Microbial Associations — Control of Structures and Functions	950

СОДЕРЖАНИЕ — Микробиология

Шкрдлета В., Лиса Л., Немцова М., Гадек Й., Коваржова Д.: Сим- биоз гороха с клубеньковыми бактериями и его эндогенная регуляция	904
---	-----

V posledních letech se dostává velmi výrazně do popředí zájmu zemědělského výzkumu i praxe biologizace rostlinné výroby. Významné místo v tomto směru zaujímá též půdní mikrobiologie. I když nelze v žádném případě popřít mimořádně velký význam chemizace, bouřlivě se rozvíjející v minulých desetiletích, přesto je třeba konstatovat, že se projevíly některé problémy, které byly impulsem k řešení biologických otázek. Mezi ně patří na prvním místě ochrana životního prostředí — zhoršení kvality zemědělských produktů, negativní vliv na kvalitu pitné vody, problémy energetické — vysoká energetická náročnost výroby prům. slovných, především dusíkatých hnojiv a nepochybně i otázky ekonomické.

Dalším mimořádně významným impulsem rozvoje biologizace v rostlinné výrobě je rozhodnutí státních orgánů o rozvoji biotechnologií v národním i mezinárodním měřítku a jejich zařazení mezi hlavní směry rozvoje.

Součástí této obsáhlé problematiky je též půdní mikrobiologie, zařazená do předkládaného monotematického čísla, zaměřeného mimo jiné na dva problémové okruhy, a to regulace biologických procesů v půdě a regulace vztahů mezi půdní mikroflórou a rostlinami, uvedených ve třinácti vědeckých příspěvcích.

První blok prací je věnován symbiotické fixaci vzdušného dusíku u bobovitých rostlin, úzce navazující na rozvoj biotechnologií na tomto úseku.

V první práci „Symbióza hrachu s rhizobii a její endogenní regulace“ jsou uvedeny výsledky s inokulací odrůd hrachu kmeny *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* 128/30 (Hup⁺) a D 253 (Hup⁻) nebo přirozenou půdní populací v modelových pokusech s perlitem při standardních podmínkách. Změny v nitrogenázové aktivitě jetele lučního byly sledovány v dvouletých nádobových pokusech a jsou uvedeny v práci „Sezónní profil biologické fixace vzdušného dusíku u jetele lučního v prvním a druhém užitkovém roce“. Nitrogenázová aktivita měřená acetylen-etylenovou metodou byla porovnávána s bilancí dusíku v půdě a rostlinách. Stejně plodně je věnována práce „Nitrogenázová aktivita (symbiotická fixace dusíku) u jetele lučního (*Trifolium pratense* L.)“. Nitrogenázová acetylen-etylen redukční aktivita byla měřena u půdních monolitů. Je uvedena nitrogenázová aktivita u vzorků odebraných v řádcích, mimo řádky, v různých fázích a termínech růstu jetele lučního. Autor odhaduje velikost fixace dusíku na 110 kg dusíku na ha za 215 dnů. V dalším příspěvku „Biologická fixace atmosferického dusíka a plynné straty dusíka z půdy do atmosféry“ jsou uvedeny výsledky získané při sledování dvou významných mikrobiologických procesů v půdě — potenciální aktivita fixace dusíku a denitrifikace ve vzorcích odebíraných v měsíčních intervalech v průběhu dvou let. Byla nalezena korelační závislost mezi aktivitou fixace dusíku denitrifikací a výnosem. Kolektiv autorů práce „Amonifikace a nitrifikace v dlouhodobě zavlažované půdě“ studoval vliv dlouhodobého zavlažování na mikrobiální populaci půdy, průběh amonizace a nitrifikace, ovlivněných v posledních třech letech podle názorů autorů zhutněním půdy. Vliv různé intenzity hnojení na obsah různých frakcí dusíku ve stacionárním pokusu byl předmětem studia v dalším příspěvku. Získané výsledky dovolily zjistit podíl sledovaných frakcí dusíku na jeho celkovém obsahu v půdě. Významný je příspěvek „Využití dusíku rostlinami a jeho vyplavení z půdy a hnojiva v lyzimetrech“.

Autoři v něm uvádějí výsledky lyzimetrických pokusů, ve kterých sledovali pomocí stabilního izotopu dusíku využití dusíku z aplikovaného hnojiva porostem ozimé pšenice. Uvádějí vliv ročníku, dávky a termínu aplikovaného dusíku na jeho procentické využití ozimou pšenicí nebo jeho vyplavení.

Další tři práce jsou věnovány studiu, prověřování a využití inhibitorů nitrifikace. V první práci „Vliv nových typů inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku a respirační aktivitu v půdě“ věnuje autorka pozornost porovnání vlivu obchodních a pokusně připravených inhibitorů nitrifikace nejen na přeměnu dusíku v zemině modelových pokusů, ale též na respirační aktivitu půdních vzorků. Autoři z VŠZ v Nitře se ve své práci „Tiomočovina ako inhibitor nitrifikácie“ zaměřili na porovnání inhibičního vlivu tiomočoviny a obchodního preparátu N-Serve při aplikaci dvou dávek dusíku k hlávkovému salátu. Zjistili, že tiomočovina inhibovala produkci nitrátů, avšak kratší období než N-Serve. Poslední z trojice prací „Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě v polních modelových pokusech“ je věnována studiu vlivu N-Serve, ATC, FL 426 (CMP) na přeměnu a pohyb dusíku v půdě. Autoři prokázali výrazný inhibiční vliv všech prověřovaných inhibitorů, avšak získané výsledky nedávají možnost jednoznačně určit, který z inhibitorů je nejlepší. Příspěvek z ÚEB ČSAV „Plynné produkty denitrifikace a jejich stanovení“ je metodického zaměření. Autor uvádí přehled metod stanovení plyných produktů denitrifikace a uvádí novou původní metodu stanovení kysličníku dusíku, která je založena jejich převedením na směs ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), a to po jejich absorpci a oxidaci v alkalickém roztoku KMnO_4 . Autorky příspěvku „Dynamika dusíka a uhlíka v biomase mikromycet“ předkládají výsledky studia stanovení některých biogenních prvků v sušině čistých kultur mikromycet. Zjistili, že změny obsahu uhlíku u všech sledovaných druhů a poměr C:N byly malé. U dusíku byly změny jeho obsahu poměrně značné, v závislosti na druhu a poměru C:N v prostředí a na použitém zdroji dusíku. Poslední příspěvek „Stanovení biomasy půdní mikroflóry pomocí Jenkinsonova testu“ má charakter metodický. Autorka statisticky prověřila modifikovaný test pro stanovení biomasy půdní mikroflóry a prokázala spolehlivost výsledků při použití uvedené metody.

Ing. Jiří Apltauer, CSc.

V. Škrdleta, L. Lisá, M. Němcová, J. Hádek, D. Kovářová

ŠKRDLETA, V. — LISÁ, L. — NĚMCOVÁ, M. — HÁDEK, J. — KOVÁŘOVÁ, D. (Mikrobiologický ústav ČSAV, Praha; Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Symbióza hrachu s rhizobii a její endogenní regulace*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 899-905.

Čtyři odrůdy hrachu byly inokulovány buď kmeny *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* 128C/30 (Hup⁺) a D253 (Hup⁻), nebo přirozenou půdní populací rhizobii a pěstovány za standardních podmínek v perlitu. Nodulace (produkce sušiny kořenových hlízek) korelovala negativně se specifickou nitrogenázovou acetylen-redukční aktivitou pletiva hlízek a *vice versa*. Je diskutován potenciální endogenní mechanismus regulační odpovědi rostliny odrážející parcio-naci uhlíku a dusíku v N₂-fixující rostlině.

nodulace; celková a specifická redukce acetylénu; akumulace sušiny rostlinné biomasy; obsah a produkce dusíku rostlinnou biomasou

Tvorba kořenových hlízek (nodulace) a symbiotická fixace molekulárního dusíku (N₂) je podmíněna a regulována řadou exogenních a genetických a fyziologických endogenních faktorů. I v případě optimální genetické kompatibility mezi mikrosymbiontem (*Rhizobium*) a makrosymbiontem (hostitelská vikvovitá rostlina) je zřejmě vývoj N₂-fixujících hlízek po infekci kořenového pletiva hlízkovými baktériemi regulován jak kooperací základních metabolických procesů obou partnerů, tak metabolismem každého z nich (Guerinot, Chelm, 1987). Např. u sóje *Glycine max* (L.) Merr. (Pierce, Bauer, 1983) a *Trifolium subterraneum* L. (Sargent et al., 1987) bylo prokázáno, že nodulace jedné části kořenů vede k inhibici nodulace na další části kořenového systému.

V naší práci jsme studovali vztah mezi nodulací, nitrogenázovou aktivitou hlízek a nodulovaných kořenů a některými parametry růstu rostlin u čtyř odrůd hrachu *Pisum sativum* L. inokulovaných jak čistými kulturami *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*, tak přirozenou půdní populací rhizobii.

MATERIÁL A METODY

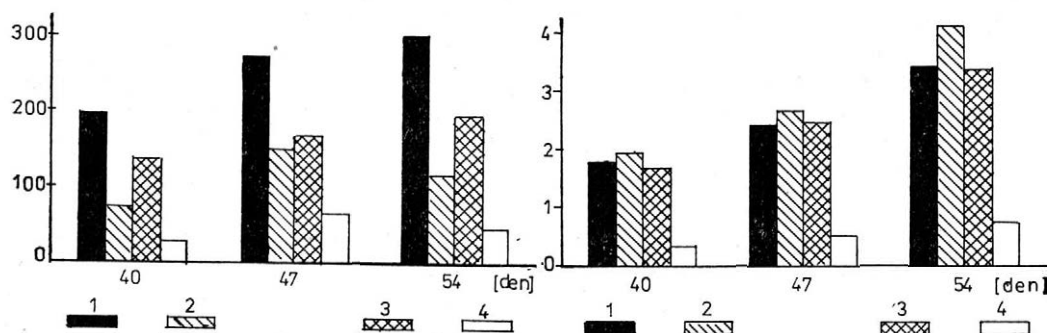
Dva dny staré klíční rostlinky hrachu odrůd 'Bohatýr', 'Smaragd', 'Tolar' a 'Tyrkys' byly inokulovány suspenzí agarových kultur kmenů D253 — fenotyp Hup⁻ (Škrdleta et al., 1987a) a 128C/30 — fenotyp Hup⁺ (Nelson, Salminen, 1982) nebo 7 g na vzduchu vyschlé jemnozemi (hnědá půda podzolovaná z pozemků VÚRV v Praze-Ruzyni, pH_{H2O} — 7,6, pH_{KCl} — 6,55). Rostlinky byly pěstovány v perlitu syćeném minerálním živným roztokem (Škrdleta et al., 1984a)

s 0,63 mmoly NO_3^- . Živný roztok byl vyměňován pravidelně dvakrát týdně. Kultivace rostlin probíhala za standardního teplotního, vlhkostního a světelného režimu v růstové komoře SIOH CONVIRON. Vzhledem k diurnálním změnám v metabolismu hlízek (Škrdleta et al., 1984b) bylo pět hodin po začátku fotoperiody odebráno od každé varianty inkulace po osmi rostlinách a celé intaktní nodulované kořeny byly po jednom inkubovány ve 120 ml sérovkách 30 min při 22 °C s přidavkem acetylénu ($\text{pC}_2\text{H}_2 = 10,1 \text{ kPa}$). Ve vzorcích inkubační atmosféry byl plynovou chromatografií stanoven etylén vzniklý redukcí C_2H_2 nitrogenázovým enzymovým systémem EC 1.19.6.1 (Hardy et al., 1973). Dále byla stanovena sušina hlízek, kořenů, nadzemní hmoty a obsah celkového dusíku (N_t) Dumasovou metodou (analýzátor CHN 600 LECO). Experimentální hodnoty byly primárně hodnoceny (i v případě konečného vyjádření v procentech) analýzou variance, na jejímž základě byly vypočteny nejmenší směrodatné difference (LSD) na hladině pravděpodobnosti $P \leq 0,05$ pro kterékoliv dva porovnávané průměry.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Rostliny byly odebírány a analyzovány od 40. dne růstu v týdenních intervalech. Všechny použité odrůdy hrachu začínaly za daných experimentálních podmínek kvést mezi 32. až 35. dnem růstu. Vzhledem k tomu, že reakce jednotlivých odrůd na inkulaci jak čistými kulturami, tak půdními vzorky byla velmi podobná, je v dalším prezentován a hodnocen pouze vliv inkulace bez ohledu na odrůdu (aritmetické průměry ze všech čtyř odrůd).

Tvorba hlízek, vyjádřená akumulací sušiny jejich biomasy (obr. 1), byla vysoce průkazně ($P \leq 0,001$) ovlivněna použitým inokulem. Vezmeme-li za základ rostliny inokulované půdou (100 %), pak inkulace Hup⁻ kmenem D253 produkovala v průměru ze tří odběrů (40 až 54 dnů staré rostliny) o 35 a inkulace Hup⁺ kmenem 128C/30 dokonce o 56 % méně sušiny hlízek. Oproti tomu rozdíly v produkci sušiny biomasy rostlin (obr. 2) nebyly průkazné ani při jednom z odběrů. Nicméně inkulace kmenem 128C/30 zvyšovala produkci sušiny bio-

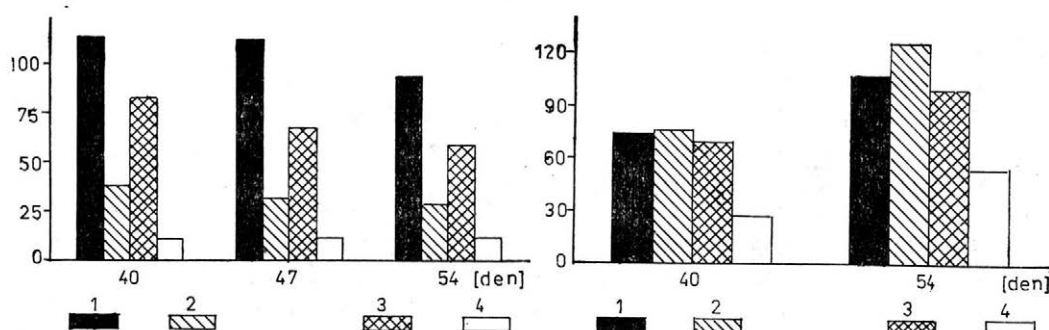


1. Vliv inkulace a stáří rostlin na tvorbu sušiny hlízek [mg na kořen] — Effect of inoculation and plant age on the nodule dry mass production [mg per root]

2. Vliv inkulace a stáří rostlin na tvorbu sušiny biomasy rostlin [g na rostlinu] — Effect of inoculation and plant age on the plant dry biomass yield [g per plant]

Vysvětlivky k obr. 1 až 6:

- 1 — přirozená půdní populace rhizobií — natural soil *Rhizobium* population
- 2 — kmen 128C/30 — strain 128C/30
- 3 — kmen D253 — strain D253
- 4 — $\text{LSD}_{P \leq 0,05}$



3. Vliv inokulace a stáří rostlin na poměr mezi sušinou hlízek a sušinou biomasy rostlin [mg.g⁻¹] — Effect of inoculation and plant age on the nodule/plant dry biomass ratio [mg.g⁻¹]

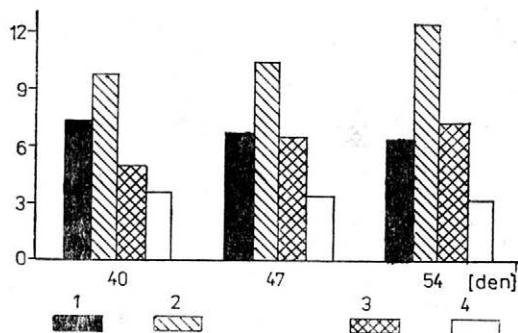
4. Vliv inokulace a stáří rostlin na produkci N_t sušinou biomasy rostlin [mg na rostlinu] — Effect of inoculation and plant age on the nitrogen yield by plant dry biomass [mg per plant]

masy v jednotlivých odběrech o 8,4 až 19,8 % ve srovnání s inokulací půdy a o 14,2 až 21,1 % ve srovnání s kmenem D253. Z výrazného rozdílu mezi nodulací a produkcí sušiny biomasy rostlin vyplynul i výsoce průkazný ($P \leq 0,001$) rozdíl v produkci sušiny hlízek na jednotku sušiny biomasy rostlin (obr. 3). Zatímco u rostlin inokulovaných půdou byl tento poměr např. u 40 dnů starých rostlin 114 mg.g⁻¹, byl u kmene D253 83 a u kmene 128C/30 pouze 38 mg.g⁻¹. Vzájemné poměry byly zhruba zachovány i při dalších odběrech.

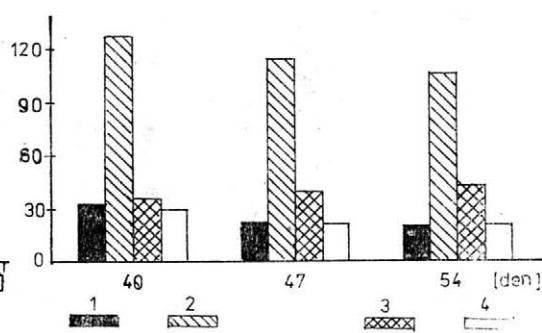
Obsah dusíku byl stanoven u odrůd 'Tyrys', 'Tolar' a 'Smaragd'. V sušině kořenů se u 40 dnů starých rostlin pohyboval mezi 29 až 31 a u 54 dnů starých rostlin mezi 26 až 27 mg.g⁻¹ a nebyl průkazně ovlivněn typem inokula. Totéž platí pro obsah dusíku v sušině nadzemní hmoty (36 až 40 u 40 dnů a 30 až 32 mg.g⁻¹ u 54 dnů starých rostlin). Výjimku činil pouze obsah N_t v sušině hlízek, kdy hlízky indukované Hup⁺ kmenem 128C/30 obsahovaly u rostlin 40 dnů starých 82 a u rostlin 54 dnů starých 64 mg.g⁻¹, zatímco hlízky indukované Hup⁻ kmenem D253 a přirozenou půdní populací rhizobií pouze 33, resp. 27 až 30 mg.g⁻¹. Tento rozdíl byl průkazný na hladině pravděpodobnosti $P \leq 0,001$ a potvrdil tak naše předchozí zjištění (Škrdleta et al., 1987b) o mimořádně vysokém obsahu N_t v kořenových hlízkách indukovaných Hup⁺ kmenem 128C/30.

Odrázem relativně malých rozdílů v produkci sušiny biomasy hostitelských rostlin (obr. 2) a v obsahu celkového dusíku v této biomase byly i neprůkazné rozdíly v produkci N_t rostlinnou biomasou (včetně hlízek) při přepočtu na jednu rostlinu (obr. 4). Nicméně stejně jako v případě sušiny biomasy (obr. 2) produkovaly rostliny inokulované kmenem 128C/30 o 3 (40. den růstu), resp. o 17 % (54. den růstu) více N_t než rostliny inokulované přirozenou půdní populací rhizobií.

Celková nitrogenázová acetylén redukční aktivita (TARA), vyjadřující enzymovou redukci acetylénu v přepočtu na jeden nodulovaný kořen (obr. 5), byla signifikantně ovlivněna ($P \leq 0,05$) použitým druhem inokula. Ve všech odběrech byla TARA rostlin inokulovaných kmenem 128C/30 vyšší oproti aktivitě zjištěné při inokulaci půdou, a to o 35 až 93 %, zatímco rostliny nodulované kmenem D253 měly TARA zhruba na stejné úrovni jako rostliny nodulované přirozenou půdní populací rhizobií.



5. Vliv inokulace a stáří rostlin na celkovou nitrogenázovou acetylen-redukční aktivitu [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1}$ na kořen] — Effect of inoculation and plant age on the total nitrogenase acetylene-reducing activity [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1}$ per root]



6. Vliv inokulace a stáří rostlin na specifickou nitrogenázovou acetylen-redukční aktivitu pletiva hlízek [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$] — Effect of inoculation and plant age on the specific nitrogenase acetylene-reducing activity of nodule tissue [$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$]

V zásadním protikladu k nodulaci (obr. 1) a k produkci hlízek na jednotku sušiny biomasy rostlin (obr. 3) byla specifická nitrogenázová aktivita pletiva hlízek SARA (obr. 6). Vezme-li za základ hlízku, jejichž tvorba byla indukována přirozenou půdní populací rhizobií (100 %), pak hlízky indukované Hup⁺ kmenem 128C/30 měly SARA v průměru ze tří odběrů o 384 % a hlízky indukované Hup⁻ kmenem D253 o 67 % vyšší.

Všechna stadia vzniku a vývoje symbiomy mezi hlízkovými bakteriemi a vřesovitými rostlinami — infekce pletiva kořenů (Dazzo, Hubbell, 1982) a vývoj a diferenciacie pletiva kořenových hlízek (Meijer, 1982) jsou podmíněny a regulovány fyziologickými a genetickými faktory obou partnerů symbiomy. Z našich výsledků je zřejmé, že hostitelská rostlina výrazně regulovala nodulaci svého kořenového systému — produkcí biomasy hlízek (obr. 1) v závislosti na specifické nitrogenázové acetylen-redukční aktivitě jejich pletiva (obr. 6). Obecně řečeno, indukce tvorby hlízek s vyšší specifickou nitrogenázovou aktivitou byla v negativní korelaci s tvorbou biomasy těchto hlízek jak v absolutních hodnotách (obr. 1), tak při přepočtu na jednotku sušiny biomasy hostitelské rostliny (obr. 3). Tuto závislost bylo možno v našem případě popsat s využitím hodnot uvedených na obr. 1 a 6 jednoduchou mocninovou funkcí:

$$Y = 1239 X^{-0,5196} \quad r^2 = 0,8598^{++} \quad [1]$$

kde: Y = mg sušiny hlízek na kořen a X = $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ pro $15 \leq X \leq 150$.

Autoregulační mechanismus se odrazil jak v podstatně redukováných rozdílech v celkové nitrogenázové aktivitě při přepočtu na rostlinu (obr. 5), tak v neprůkazných rozdílech v produkci sušiny biomasy hostitelských rostlin (obr. 2) a v produkci N_2 touto biomasou (obr. 4).

Elicitace rychlé odpovědi hostitelské rostliny regulující nodulaci kořenového systému po inokulaci homologními a kompatibilními rhizobii byla prokázána u několika vřesovitých rostlin (Bhuvaneshwari et al., 1981; Pierce, Bauer, 1983; Pueppke, 1986; Heron, Pueppke, 1987; Sargent et al., 1987). Je jí, mimo jiné, přisuzo-

vána úloha rychlé obrany hostitele před nadměrnou nodulací (Bhuvaneshwari et al., 1980; Pierce, Bauer, 1983), která však může být výrazně modifikována podmínkami kultivace hostitele — půda X X hydroponie (Pueppke, 1986). Rychlá reakce rostliny [řádově hodiny až desítky hodin] předpokládá i rychlý přenos informačního signálu (signálů) z místa primární infekce do místa regulace (Kossiak, Bohlool, 1984). Takto chápaný systém autoregulace nodulace hostitelskou rostlinou by ovšem postihoval především nejranější fáze infekce kořenového pletiva ještě před fází aktivní fixace N_2 hlízkami. Lze však důvodně předpokládat (a naše výsledky to naznačují), že hostitelská rostlina může regulovat nodulaci svého kořenového systému i s ohledem na vyváženost poměru C:N, na koncentraci aminokyselin a amidů ve floémovém a xylémovém transportu a s ohledem na celkovou parciální uhlíkatých a dusíkatých látek do jednotlivých orgánů, a to zvláště u těch rostlin, u kterých je symbioticky fixovaný N_2 hlavním zdrojem dusíku (Pate, 1986). Jednou z možných fyziologických regulací je například kompenzace uměle navozené snížené fixace N_2 v hlízkách sóje kontrolou toku uhlíkatých sloučenin jak do těchto neefektivních hlízek, tak do sousedních kořenů (Singleton, Kessel, 1987).

Bariéru regulace nodulace hostitelskou rostlinou se podařilo doposud částečně překonat chemomutacemi u sóje (Carroll et al., 1984; Carroll et al., 1985; Delves et al., 1986) a hrachu (Jacobsen, 1984; Jacobsen, Fenster, 1984) v rámci snahy selektovat takové rostliny, které by efektivně nodulovaly i při vysoké hladině minerálního dusíku v kořenovém prostředí. Není bez zajímavosti, že tak zvaná supernodulace a hypernodulace sóje je determinována a kontrolována doposud neidentifikovaným faktorem (faktory) z nadzemní části rostliny, zatímco úplná rezistence vůči nodulaci je determinována kořeny (Delves et al., 1986), a že hlízky vytvořené na mutantech sóje s vysokou nodulační schopností měly výrazně nižší specifickou nitrogenázovou acetylén-redukční aktivitu (Carroll et al., 1985).

Poděkování

Kmen *R. leguminosarum* 128C/30 laskavě poskytl Dr. R. S. Smith, Nitragin Sales Corp., Milwaukee, Wisc., U. S. A.

Literatura

- BHUVANESWARI, T. V. — BHAGWAT, A. A. — BAUER, W. D.: Transient susceptibility of root cells in four common legumes to nodulation by rhizobia. *Pl. Physiol.*, **68**, 1981, s. 1144-1149.
- BHUVANESWARI, T. V. — TURGEON, B. G. — BAUER, W. D.: Early events in the infection of soybean (*Glycine max* L. Merr.) by *Rhizobium japonicum*. I. Localization of infectible root cells. *Pl. Physiol.*, **66**, 1980, s. 1027-1031.
- CARROLL, B. J. — McNEIL, D. L. — GRESSHOFF, P. M.: Breeding soybeans for increased nodulation in the presence of external nitrate. In: *Symbiotic Nitrogen Fixation*, ed. GHAI, B. S.: USG Publishers and Distributors, Ludhiana, India, 1984, s. 43-50.
- CARROLL, B. J. — McNEIL, D. L. — GRESSHOFF, P. M.: Isolation and properties of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] mutants that nodulate in the presence of high nitrate concentrations. *Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A.*, **82**, 1985, s. 4162-4166.
- DAZZO, F. B. — HUBBELL, D. H.: Control of root hair infection. In: *Nitrogen*

- Fixation, 2, *Rhizobium*, ed. BROUGHTON, W. J.: Clarendon Press, Oxford, 1982, s. 274-310.
- DELVES, A. C. — MATHEWS, A. — DAY, D. A. — CARTER, A. S. — CARROLL, B. J. — GRESSHOFF, P. M.: Regulation of the soybean-*Rhizobium* nodule symbiosis by shoot and root factors. *Pl. Physiol.*, 82, 1986, s. 588-590.
- GOUERINOT, M. L. — CHELM, B. K.: Molecular aspects of the physiology of symbiotic nitrogen fixation in legumes. In: *Plant-Microbe Interaction*, 2, Molecular and Genetic Perspectives, ed. KOSUGE, T., NESTER, E. W.: Macmillan Publishing Company, New York, Collier Macmillan Publishers, London, 1987, s. 103-146.
- HARDY, R. W. F. — BURNS, R. C. — HOLSTEN, R. D.: Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biol. and Biochem.*, 5, 1973, s. 47-81.
- HERON, D. S. — PUEPPKE, S. G.: Regulation of nodulation in the soybean-*Rhizobium* symbiosis. Strain and cultivar variability. *Pl. Physiol.*, 84, 1987, s. 1391-1396.
- JACOBSEN, E.: Modification of symbiotic interaction of pea (*Pisum sativum* L.) and *Rhizobium leguminosarum* by induced mutations. *Pl. Soil*, 82, 1984, s. 427-438.
- JACOBSEN, E. — FEENSTRA, W. J.: A new pea mutant with efficient nodulation in the presence of nitrate. *Pl. Sci. Lett.*, 33, 1984, s. 337-344.
- KOSSLAK, R. M. — BOHLOOL, B. B.: Suppression of nodule development of the one side of a split-root system of soybeans caused by prior inoculation of the other side. *Pl. Physiol.*, 75, 1984, s. 125-130.
- MEIJER, E. G. M.: Development of leguminous root nodules. In: *Nitrogen Fixation*, 2, *Rhizobium*, ed. BROUGHTON, W. J.: Clarendon Press, Oxford, 1982, s. 311-331.
- NELSON, L. M. — SALMINEN, S. O.: Uptake hydrogenase activity and ATP formation in *Rhizobium leguminosarum* bacteroids. *J. Bact.*, 151, 1982, s. 989-995.
- PATE, J. S.: Xylem-to-phloem transfer — Vital component of the nitrogen-partitioning system of a nodulated legume. In: *Phloem Transport*, Alan R. Liss, Inc., 1986, s. 445-462.
- PIERCE, M. — BAUER, W. D.: A rapid regulatory response governing nodulation in soybean. *Pl. Physiol.*, 73, 1983, s. 286-290.
- PUEPPKE, S. G.: Nodule distribution on legume roots: specificity and response to the presence of soil. *Soil Biol. and Biochem.*, 18, 1986, č. 6, s. 601-606.
- SARGENT, L. — HUANG, S. Z. — ROLFE, B. G. — DJORDJEVIC, M. A.: Split-root assays using *Trifolium subterraneum* show that *Rhizobium* infection induces a systemic response that can inhibit nodulation of another invasive *Rhizobium* strain. *Appl. Envir. Microbiol.*, 53, 1987, č. 7, s. 1611-1619.
- SINGLETON, P. W. — KESSEL, Van C.: Effect of localized nitrogen availability to soybean half-root systems on photosynthate partitioning to roots and nodules. *Pl. Physiol.*, 83, 1987, s. 552-556.
- ŠKRDLĚTA, V. — GAUDINOVÁ, A. — NĚMCOVÁ, M. — LISÁ, L.: Behaviour of nodulated *Pisum sativum* L. under short-term nitrate stress conditions. *Biol. Plant.*, 26, 1984a, č. 5, s. 364-373.
- ŠKRDLĚTA, V. — LISÁ, L. — NĚMCOVÁ, M.: Comparison of peas nodulated with a hydrogen-uptake positive or negative strain of *Rhizobium leguminosarum*. I. Nodulation, acetylene-reducing, dihydrogen and carbon dioxide-evolving activities. *Folia microbiol.*, 32, 1987a, s. 226-233.
- ŠKRDLĚTA, V. — LISÁ, L. — NĚMCOVÁ, M.: Comparison of peas nodulated with a hydrogen-uptake positive or negative strain of *Rhizobium leguminosarum*. II. Biomass accumulation, potential and actual dinitrogen fixation. *Folia microbiol.*, 32, 1987b, s. 234-238.
- ŠKRDLĚTA, 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, 1984b, s. 147-155.

Došlo dne 25. 3. 1988

ШКРДЛЕТА, В. — ЛИСА, Л. — НЕМЦОВА, М. — ГАДЕК, Й. — КОВАРЖОВА, Д. (Микробиологический институт ЧСАН, Прага; Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага-Ружыне): Симбиоз гороха с клубеньковыми бактериями и его эндогенная регуляция. *Rostl. Výr.*, 34, 1988 (9) : 899-905.

Четыре сорта гороха инокулировали или штаммами *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* 128/30 Hup⁺) и D253 (Hup⁻) или естественной почвенной популяцией клубень-

ковых бактерий и выращивали при стандартных питательных и культивационных условиях в перлите. Нодуляция (по продукции сухого вещества корневых клубеньков) коррелировала отрицательно со специфической нитрогеназной активностью в ткани клубеньков, измеряемой по восстановлению ацетилена, и наоборот. Рассматривается потенциальный эндогенный механизм регуляционного ответа растения-хозяина, отражающий систему распределения углерода и азота в N₂-фиксирующем растении.

нодуляция; общее и специфическое восстановление ацетилена; аккумуляция сухого вещества растительной биомассы; содержание и накопление азота

ŠKRDLETA, V. — LISÁ, L. — NĚMCOVÁ, M. — HÁDEK, J. — KOVÁŘOVÁ, D. (Institute of Microbiology, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha; Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně): *Pea-Rhizobia Symbiosis and its Internal Regulation*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 899-905.

Four pea cultivars were inoculated with either *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* strains 128C/30 (Hup⁺) and D253 (Hup⁻) or a natural soil *Rhizobium* population and grown under the standard nutrient and environmental growth conditions in perlite. Nodulation (root nodule dry mass production) was found to be negatively correlated with the specific nitrogenase acetylene-reducing activity of the root nodule tissue and *vice versa*. A potential internal mechanism of the host plant regulatory response reflecting the carbon — nitrogen partitioning system in the N₂-fixing plant is discussed.

nodulation; total and specific acetylene reduction; plant dry biomass accumulation; nitrogen content and yield by plant dry biomass

ŠKRDLETA, V. — LISÁ, L. — NĚMCOVÁ, M. — HÁDEK, J. — KOVÁŘOVÁ, D. (Mikrobiologisches Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Praha; Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Symbiose der Erbse mit Rhizobium und ihre endogene Regulation*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 899-905.

Vier Erbsensorten wurden entweder mit Stämmen *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* 128C/30 (Hup⁺) und D253 (Hup⁻) oder mit natürlicher Rhizobienbodenpopulation inokuliert und unter Standardbedingungen in Perlit aufgezogen. Die Nodulation (Wurzelknöllchentrockensubstanzproduktion) korrelierte negativ mit der Azetylen-Nitrogenasereduktionsaktivität des Knöllchengewebes und umgekehrt. Es wird der potentielle endogene Mechanismus der Regulationsreaktion der Pflanze, die die Partitionation des Kohlenstoffs und Stickstoffs in der N₂-fixierenden Pflanze widerspiegelt, diskutiert.

Nodulation; Gesamt- und spezifische Azetylenreduktion; Trockensubstanzakkumulation der pflanzlichen Biomasse; Stickstoffgehalt und -produktion durch die pflanzliche Biomasse

Adresy autorů:

RNDr. Vladimír Škrdleta, CSc., Ludmila Lisá, prom. biol., Marie Němcová, ing. Dagmar Kovářová, Mikrobiologický ústav ČSAV, Vídeňská 270, 142 20 Praha 4 - Krč

RNDr. Josef Hádek, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

OCHRANA KVALITY VODY PŘED ŠKODLIVÝMI EMISEMI SE ZVLÁŠTNÍM ZŘEATELEM NA NITRÁTY

Ve dnech 1. až 4. září 1987 se v maďarském Balatonfüredu konalo 5. mezinárodní sympozium CIEC, jehož jednání probíhalo paralelně ve dvou sekcích: první sekce se zabývala problematikou znečištění vod dusičnany převážně zemědělskou činností, druhá sekce vlivem těžkých kovů na půdu a rostliny. První sekce zahrnovala pět tematických okruhů: všeobecné problémy dané tematiky; dusičnany v půdě a podzemní vodě; dusičnany a rostliny; denitrifikace, odstranění nitrátů z pitné vody; odpadní vody, městské kaly.

Sympozium bylo spojeno s jednodenní exkurzí podle sekcí do pracovišť, kde se daná problematika řeší, do provozů s následným čištěním použité vody, do tematicky sledovaných oblastí (arboreta apod.).

V referátech první sekce byla nejčastěji zastoupena problematika dusičnanů v půdě, vodě a produkci. Co se týká nitrátů, intenzivní aplikace dusíkatých hnojiv se nepříznivě projevila na kvalitě pitné vody i plodin. Nadbytečné dávky dusíku, které nebyly metabolizovány nebo se nepodílely na tvorbě výnosu (Semenov, Puškino), se dostávaly do mimokořenových vrstev a vertikálním pohybem půdního roztoku do pozemních vod (Furrer, Bern). Intenzita vymývání byla závislá na počáteční koncentraci dusičnanů (Mosiej, Puškino), intenzitě srážek či závlah (Bízík, Nitra), obecně na obsahu půdní vlhkosti. Byla sledována distribuce dusičnanů v půdních profilech různé hloubky s porostem a bez porostu (Bogdanovič, SFRJ) i v závlahovém systému. I vliv porostu, resp. hloubky kořenění, stejně jako různé vysoká schopnost kumulace dusičnanů rostlinami, se staly výrazným faktorem k omezení akumulace v půdách a ke snížení ztrát do podzemních vod (Borowiec, Štětín).

Aplikace dusíkatých hnojiv urychlila uvolňování minerálního dusíku z půdních zásob, zatímco migrace dusičnanů z hnojiv se snížila (Baškin, Puškino). Byly provedeny pokusy s různými látkami k řízení průběhu mineralizace půdního dusíku a k rychlosti příjmu minerálních dusíkatých látek rostlinami. Patří sem např. inhibitory nitrifikace DIDIN (Semenov, Puškino) a aplikace fungicidů (Hanus, Kiel) společně s dusíkatými hnojivy. Současně byl zdůrazněn požadavek na optimalizaci dávek dusíkatých hnojiv s požadavkem rostlin na dávku dusíku. Uskutečnily se pokusy se snížením dávek pod optimum (Rouvé, Aachen) se stejným dopadem jako při absolutně nehnojených variantách.

Vezmeme-li v úvahu stejnou toxicitu dusičnanů pro člověka a zvířata jak ve vodě, tak v rostlinných produktech, vyplývá z toho, že je třeba komplexně řešit problematiku dusičnanů jak s ohledem na vymývání, tak s ohledem na akumulaci dusičnanů v produktech. Produkce zelené hmoty listové zeleniny vyžaduje v krátké době dostatečné zásoby přijatelného dusíku v půdním profilu (podle hloubky kořenění). Neznalost N_{min} — metody, použité před setím i během vegetace, aplikace velkého množství čerstvé organické hmoty, ignorování mineralizace půdních zásob dusíku a dusíku z čerstvé organické hmoty (Hofman, Gent), nevhodné časové zařazení plodin a způsob zapravení posklizňových zbytků těchto plodin s vysokým obsahem reziduálních dusičnanů na konci vegetačního období jsou vážné nedostatky, které poškozují úsilí o správné hnojení dusíkem (Wehrmann, Hannover). Výsledkem jsou zbytečné ekonomické ztráty, poškození životní prostředí a ohrožení zdraví lidí. Samozřejmě nejenom rostlinná výroba se podílí na zvyšování znečištění prostředí nitráty. Vysokým procentem přispívá oblast městských a průmyslových aglomerací, živočišná výroba, srážková činnost a ostatní vlivy (Timmermann, Goettingen).

Možnosti snížení obsahu dusičnanů, jejich kvantifikace, případné odstranění z pitné vody fyzikálními, fyzikálně-chemickými nebo biologickými metodami byly rozšířeny o některé další poznatky (Cleemput, Gent; Marton, Veszprém; Jennis, New Jersey). Současně byly předneseny referáty, které se zabývaly modelováním různých situací a rozborem stávající situace. Dnešní trend modelování přeměn půdního dusíku a jeho pohybu v zemědělských půdách s důrazem na redukci vymývání dusičnanů byl za Švédsko zastoupen referátem Dr. Bergströma z Uppsaly, za NDR vystoupil Dr. Recknagel a Dr. Grünwald z Drážďan, z holandského Wageningenu Dr. Kragt a Dr. Vries. Analýzy naznačily možnou cestu kompromisu mezi kvalitou vody a zemědělskou produkcí.

Ing. Jana Benešová

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně

SEZÓNŇÍ PROFIL BIOLOGICKÉ FIXACE VZDUŠNÉHO DUSÍKU U JETELE LUČNÍHO V PRVÉM A DRUHÉM UŽITKOVÉM ROCE

M. Máchová

MÁCHOVÁ, M. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Sezónní profil biologické fixace vzdušného dusíku u jetele lučního v prvním a druhém užitkovém roce*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 907-917.

V nádobových pokusech se zeminou byly sledovány změny v nitrogenázové aktivitě jetele lučního odrůdy 'Start' v průběhu celé vegetační sezóny v prvním a druhém užitkovém roce. Nitrogenázová aktivita byla měřena acetylen-etylenovou metodou. Získané výsledky byly porovnávány s údaji získanými dusíkovou bilancí v půdě a v rostlinách. Množství symbioticky fixovaného dusíku během užitkového roku bylo odhadnuto na 80 až 90 kg/ha, což představovalo zhruba 20 % z celkově přijatého dusíku rostlinou.

Rhizobium trifolii; nitrogenázová aktivita; biologická fixace molekulárního dusíku; sezónní profil biologické fixace molekulárního dusíku; acetylen-etylenová metoda

V literatuře existuje řada údajů o výši fixovaného dusíku u jetelovin. Udávané hodnoty kolísají od 80 až do 560 kg biologicky poutaného dusíku ročně (Nelson, Robins, 1957; Prjanišnikov, 1962; Tomka et al., 1965; Strádal, 1969; Halliday, Pate, 1976; Stewart, 1982; Marečková, 1983; Wivstad et al., 1987). Donedávna se usuzovalo, že k tvorbě svého výnosu čerpají jeteloviny potřebný dusík asi z 10 % z půdní zásoby a 90 % své potřeby kryjí dusíkem ze vzduchu (Duchon, 1948). Při pozdějších podrobnějších výzkumech se začalo ukazovat, že biologická fixace u jetelovin je nižší. Kryje zhruba 40 až 80 % potřeby dusíku (Allos, 1959; Sergejev et al., 1963), její rozsah je silně závislý na řadě faktorů, a tím je i značně labilní.

V této práci byla sledována nitrogenázová aktivita u jetele lučního během prvního a druhého užitkového roku a byl učiněn pokus o odhad zisku dusíku biologickou fixací.

MATERIÁL A METODY

Semena jetele lučního (*Trifolium pratense* L.) odrůdy 'Start' byla vyseta 1. 5. 1979 do nádob umístěných na pokusném pozemku v Praze-Ruzyni. Nádobky byly plněny 4 kg na vzduchu vysušené zeminy z nehněných pozemků Ruzyně. Byly podloženy igelitovou fólií, která byla lehce perforovaná, takže dovozovala odtok vody, ale zabráňovala prorůstání kořenů z nádob do půdy. Mezery mezi nádobami byly vyplněny perlitem a povrch perlitu byl zasypán zeminou k upevnění proti větru. Tím bylo zabráněno vymrzání rostlin v nádobách, které byly ponechány na pozemku nepřetržitě po dva užitkové roky.

Inokulace byla provedena při setí 1 ml suspenze, připravené z týdenní agarové kultury kmene *Rhizobium trifolii* D 277 ze sbírky kmenů VÚRV v Praze-Ruzyni. Rostliny byly podle potřeby zalévány. V nádobách bylo po pěti rostlinách.

Všechny rostliny v pokusu byly na začátku kvetení vždy sečeny a stanovena hmotnost sušiny. Během vegetačního období v obou užitkových letech bylo přibližně ve 14denních intervalech odebráno po 15 rostlinách, u kterých byla měřena nitrogenázová aktivita a stanovena hmotnost sušiny nadzemní hmoty a kořenů. Ve všech vzorcích sušiny nadzemní hmoty a kořenů u měřených rostlin byl stanoven obsah celkového dusíku, v sušině nadzemní hmoty ze sečí ještě obsah vápníku, draslíku, hořčíku, fosforu a sodíku. Na začátku a na konci každé vegetační sezóny byl stanoven v zemině obsah fosforu, draslíku, hořčíku, C_{ox} , humusu, celkového dusíku a dusíku ve formě nitrátových či amonných iontů. Nebyla sledována denitrifikace a vyplavování dusíku ze zeminy.

Při měření nitrogenázové aktivity byla měřena teplota vzduchu i zeminy pokusných nádob.

Pro stanovení přepočítávacího faktoru, potřebného pro kalibraci redukováného acetylenu na fixovaný dusík, byly rostliny pěstovány hydroponicky v kultivačním boxu. Perlit byl syčen živným roztokem (Má ch o v á et al., 1985) a rostliny byly pěstovány za standardních podmínek. Během prvních 14 dnů byl k živnému roztoku přidán minerální dusík v koncentraci 8,7 mg/kg půdy (tzv. startovací dávka). Vždy u 20 rostlin byla 15., 32., 47. a 65. den stanovena nitrogenázová aktivita, sušina nadzemní hmoty a kořenů a obsah celkového dusíku v sušině nadzemní hmoty a kořenů.

Nitrogenázová aktivita byla měřena enzymovou redukcí acetylenu: odstřižený kořen měřené rostliny byl vložen do infúzní láhve. Láhev byla temperována v podmínkách daného prostředí 30 min, poté uzavřena a kořen inkubován v atmosféře s 10 % acetylenu ve vzduchu po dobu 1 h. Infúzní láhev s 10 % acetylenu ve vzduchu bez rostlinného materiálu byla použita jako kontrola při každém měření. Redukce acetylenu byla stanovena u jedné rostliny za hodinu a byla vyjádřena v μ molech vytvořeného etylenu. Výpočet nitrogenázové aktivity byl prováděn metodou, kterou popsali Š k r d l e t a et al. (1976).

VÝSLEDKY

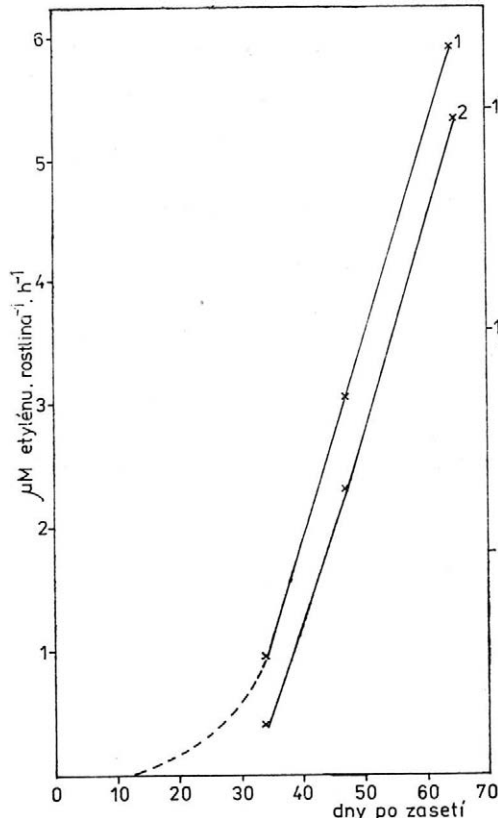
Stanovení přepočítávacího faktoru k odhadu symbioticky fixovaného molekulárního dusíku

Integrací plochy pod křivkou č. 1 v grafu na obr. 1 (která představuje produkci etylenu na rostlinu za hodinu), vynásobením 24 (h) a 0,9 (přepočítávací faktor na průměrnou produkci etylenu během 24h cyklických denních výkyvů), jak publikovali M á c h o v á et al. (1985), byla vypočtena celková nitrogenázová aktivita během celého sledovaného období, která činila 1817,64 μ mol C_2H_4 na rostlinu.

Přepočtem 14,728 mg vyprodukovaného dusíku v sušině rostliny za stejné období (křivka č. 2 v grafu na obr. 1) na μ M N_2 byla získána hodnota 526 μ M N_2 . 1817,64 μ M C_2H_4 , je tedy ekvivalentní 526,0 μ M N_2 . Přepočítávací faktor pro kalibraci redukováného acetylenu na fixovaný dusík činil tedy 3,4556. Obsah dusíku v semeni byl zanedbán.

Nitrogenázová aktivita, produkce a složení rostlinné biomasy a změny obsahu dusíku v zemině při pěstování jetele lučního

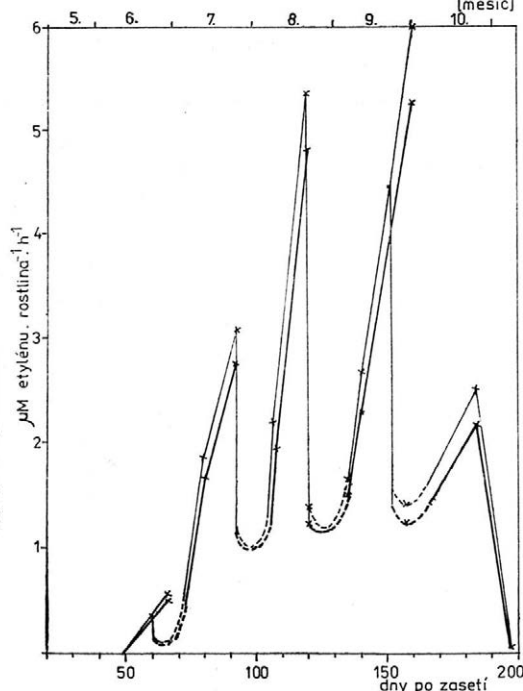
Výsledky měření nitrogenázové aktivity u jetele lučního během sezóny jsou uvedeny v tab. I a II a v grafech na obr. 2 a 3. Naměřené hodnoty byly korigovány faktorem 0,9 (při nočních teplotách nad 10 °C) nebo 0,87 (pod 10 °C) na průměrnou nitrogenázovou aktivitu během 24hodinových cyklických denních výkyvů v závislosti na teplotě (M á c h o v á et al., 1985). Takto opravené průběhy jsou v grafech vyneseny silnější



1. Celková nitrogenázová aktivita a obsah dusíku v sušině biomasy hydroponicky pěstovaných rostlin — Total nitrogenase activity and nitrogen content in the dry matter of the biomass of plants in hydroponic culture

křivka č. 1 — celková nitrogenázová aktivita

křivka č. 2 — obsah dusíku v sušině biomasy

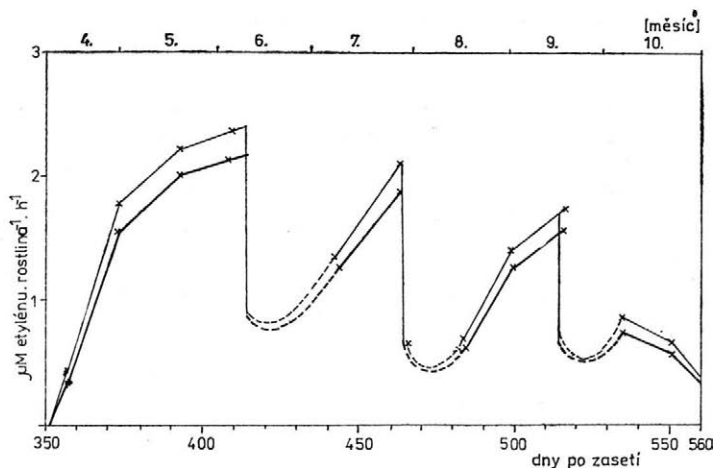


2. Celková nitrogenázová aktivita u jeřele lučního v průběhu prvního užítkového roku — Total nitrogenase activity in red clover during the first cropping year

Vysvětlivky k obr. 2 a 3:

slabší čarou je vyznačen průběh experimentálně zjištěných hodnot
silnější čarou je vyznačen průběh korigovaný na průměrnou aktivitu v závislosti na cyklických denních výkyvech

3. Změny celkové nitrogenázové aktivity v průběhu druhého užítkového roku — Changes in total nitrogenase activity during the second cropping year



I. Celková nitrogenázová aktivita, produkce a složení biomasy v prvním užítkovém cropping year

Datum	Dny po zasetí	Počet rostlin	TNA ($\mu\text{M C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1}$ rostlina $^{-1}$)	Sušina nadzemní hmoty (g. rostlina $^{-1}$)	Sušina kořenů (g. rostlina $^{-1}$)	Poměr nadzemní hmoty ke kořenům	Počet hlízek na rostlinu
29. 5.	36	36	$0,006 \pm 0,002$	0,033	0,015	2,20	18,1
12. 6.	50	26	$0,034 \pm 0,021$	0,368	0,163	2,25	96,7
28. 6.	66	24	$0,567 \pm 0,394$	1,620	0,590	2,74	340,05
22. 6.	60			1,540			
(1. seč)							
11. 7.	79	25	$1,858 \pm 0,768$	0,428	0,504	0,85	622,04
24. 7.	92	25	$3,077 \pm 1,020$	1,518	0,534	2,84	—
24. 7.	92			1,330			
(2. seč)							
7. 8.	106	24	$2,176 \pm 0,894$	0,883	0,690	1,28	521,73
21. 8.	120	26	$5,325 \pm 1,385$	2,620	1,225	2,14	875,6
20. 8.	119			1,680			
(3. seč)							
21. 8.	120	25	$1,345 \pm 0,570$	—	1,308	—	752,9
5. 9.	135	25	$1,695 \pm 0,986$	0,984	0,933	1,05	—
10. 9.	140	21	$2,645 \pm 0,312$	1,223	0,949	1,29	—
22. 9.	152			0,940			
(4. seč)							
1. 10.	161	25	$6,038 \pm 2,443$	2,178	1,113	1,96	—
27. 9.	157	15	$1,402 \pm 0,615$	0,820	0,883	0,93	—
24. 10.	184	24	$2,497 \pm 1,017$	0,937	1,015	0,92	—
6. 11.	197	14	$0,049 \pm 0,024$				

čarou. Integrací plochy pod upravenými křivkami krát 24 h krát počet sledovaných dní v sezóně krát 200 rostlin (resp. 160 rostlin v druhém užítkovém roce) na 1 m² byla odhadnuta nitrogenázová aktivita rostlin při přepočtu na 1 ha za sezónu. Pomocí přepočítávacího faktoru 3,455 bylo pak odhadnuto množství symbioticky fixovaného dusíku. Z těchto údajů vyplynulo, že v prvním užítkovém roce rostliny jetele nafixovaly 88,85 kg dusíku na ha a v druhém užítkovém roce 70,75 kg dusíku na ha. Průměrně během sezóny tedy rostliny jetele nafixovaly 79,8 kg dusíku na ha.

Přepočtem ze sušiny nadzemní hmoty ze sečí (tab. III) bylo zjištěno, že ze čtyř sečí v prvním užítkovém roce by bylo získáno 10,99 t suché nadzemní hmoty na ha a v druhém užítkovém roce ze tří sečí 22,16 t

Tep- lota vzdu- chu (°C)	Koncentrace živin v nadzemní hmotě (%)						Koncentrace živin v kořenech (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na	N	P	K	Mg	Na	Ca
25												
28	4,59						3,45					
25	2,30						1,83					
	3,16		3,248		4,522							
		0,303	*	2,499		0,063						
25	3,34						2,05					
25							2,57					
	3,22		3,362		4,209							
		0,312		2,383		0,066						
25	3,18						2,25					
	2,80		1,987		4,396		1,65		0,625		4,123	
		0,248		2,007		0,098		0,195		0,681		0,604
—							1,87		0,921		5,341	
								0,268		1,065		0,763
—	2,83						2,05					
24	3,69		2,685		5,712							
		0,358		2,814		0,078						
21	3,11						2,36					
23	2,42						1,87					
25	3,06						2,23					
0												

sušiny nadzemní hmoty na ha. Střední produkce suché píce za rok by tedy činila 16,57 t/ha. Obsah dusíku v sušině nadzemní hmoty v prvním užitkovém roce byl průměrně 3,22 % a v druhém užitkovém roce 2,53 %.

Množství dusíku obsažené v sušině nadzemní hmoty ze seči v prvním užitkovém roce by obnášelo 346,8 kg/ha a ve druhém užitkovém roce 537,1 kg/ha. Průměrně tedy bylo obsaženo v sušině nadzemní hmoty jetele 441,95 kg dusíku na ha za sezónu.

Množství sušiny kořenové hmoty zanechané v zemině po třetí seči v druhém užitkovém roce odpovídalo 7,06 t/ha. V těchto posklizňových zbytcích bylo 2,15 % dusíku, takže množství dusíku ve zbytcích tvořilo 151,7 kg/ha. Na konci prvního užitkového roku bylo v kořenech obsaženo 52,53 kg dusíku na ha.

II. Celková nitrogenázová aktivita, produkce a složení rostlinné biomasy v druhém
in the second cropping year

Datum	Dny po zasetí	Počet rostlin	TNA ($\mu\text{M C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1} \cdot$ rostlina $^{-1}$)	Sušina nadzemní hmoty (g. rostlina $^{-1}$)	Sušina kořenů (g. rostlina $^{-1}$)	Poměr nadzemní hmoty ke kořenům	Půdní vláha (%)
14. 4.	357	28	$0,430 \pm 0,070$	0,51	2,79	0,18	
30. 4.	373	29	$1,773 \pm 0,582$	0,67	2,81	0,24	13,57
20. 5.	393	25	$2,213 \pm 1,085$	2,75	3,03	0,91	12,87
5. 6.	409	24	$2,358 \pm 0,615$	4,67	3,36	1,39	11,47
9. 6.	413	4,5		5,15	*		
(1. seč)							
21. 6.	425	21	$1,227 \pm 0,647$	0,52	3,81	0,14	16,34
8. 7.	442	22	$1,358 \pm 0,177$	2,40	4,68	0,51	14,52
26. 7.	463	20	$2,101 \pm$	5,08	5,10	0,99	
(2. seč)							
29. 7.	466	22	$0,636 \pm 0,152$	1,17	4,99	0,23	—
16. 8.	484	20	$0,674 \pm 0,234$	1,67	4,88	0,34	16,50
31. 8.	499	19	$1,374 \pm 0,671$	4,00	4,41	0,91	13,30
15. 9.	514			3,40			
(3. seč)							
17. 9.	516	25	$1,711 \pm 0,587$	3,94	5,04	0,78	—
6. 10.	535	21	$0,834 \pm 0,377$	0,59	4,95	0,12	14,48
22. 10.	551	20	$0,620 \pm 0,154$	0,63	4,98	0,13	—
30. 10.	559	19	$0,410 \pm 0,091$	0,74	5,01	0,15	—

V tab. IV je kalkulován odběr dusíku ze zeminy odečtením dusíku fixovaného rostlinou od celkově vyprodukovaného dusíku za sezónu v nadzemní hmotě ze sečí a z kořenů. V prvním užitkovém roce rostliny jetele odebraly 310,48 kg dusíku na ha a ve druhém užitkovém roce 565,53 kg/ha ze zeminy. V průměru činil odběr dusíku rostlinami jetele 438 kg/ha ročně.

Z výsledků půdních rozborů (tab. V) byl spočítán úbytek dusíku v nádobách za sledované období. V prvním užitkovém roce činil úbytek 0,02 % dusíku. Po přepočtu na ha činil tento úbytek 313,2 kg/ha. Součet množství dusíku obsaženého v sušinách sečí a ponechaných kořenech činil 399,33 kg/ha. Rozdíl mezi obsahem vyprodukovaného dusíku rostlinami a odebraného z půdy tedy činil 86,13 kg/ha. Uvedené množství připadlo na fixaci, což vyjádřeno v procentech představuje 21 % z úhrnu nahromaděného dusíku v rostlinách.

Po přezimování se obsah dusíku v zemině zvýšil o 0,008 %. Tento přírůstek by bylo možno vysvětlit rozkladem odumřelých kořenů.

Úbytek dusíku v nádobách v druhém užitkovém roce činil 0,034 %, což představuje 532 kg/ha. V sušině ze sečí a kořenových zbytků po

Teplota vzduchu (°C)		Koncentrace živin v nadzemní hmotě (%)						Koncentrace živin v kořenech (%)				
ovzdu- ši	půdy	N	Ca	K	Mg	P	Na	N	Ca	K	Mg	P
9	6	3,55						1,98				
13	10	3,37						2,08				
20	10	3,51						2,09				
20	12	3,17						2,27				
		2,52		1,15		0,158						
			2,67		0,54		0,077					
20	17	4,66						2,33				
23	20	3,46						1,95				
		1,86		1,55		0,163						
			1,58		0,38		0,071					
22	20	1,38						2,30				
22	20	3,48						1,81				
20	20	3,24						1,93				
		3,20		1,88		0,220						
			2,47		0,48		0,078					
21	20	3,26						2,15				
12	8	4,64						2,13				
9	6											
8	5											

odečtu obsahu dusíku v kořenech v prvním užitkovém roce by bylo v tomto roce rostlinami vyprodukováno 636,34 kg dusíku na ha. Rozdíl 104,34 kg/ha připadl na fixaci, což představuje 16 % z celkově nahromaděného dusíku v rostlinách.

Tedy výsledky získané dusíkovou bilancí v půdě se poměrně dobře shodují s výsledky kalkulovanými z obsahu dusíku v rostlinách a z naměřené fixace N₂.

Průměrný obsah živin v sušině nadzemní hmoty i kořenů jetele během sledovaného období odpovídal údajům uváděným v literatuře (Baier, 1979) a jejich hladiny kolísaly podle růstové fáze rostliny.

Agrochemickým rozbořem půd bylo dále zjištěno, že v použité půdě, která byla středně zásobena humusem (poměr C : N = 10—11) a dobře zásobena draslíkem, fosforem a hořčíkem v průběhu dvou sledovaných let, došlo na konci pokusu k mírnému poklesu obsahu fosforu a draslíku a poklesu obsahu humusu asi o 0,5 %. To představuje přibližně 0,025 % pokles organického dusíku. Kořenové zbytky, které obsahovaly 152 kg dusíku na ha, mohou doplnit podíl celkového dusíku o 0,01 %, tedy asi z poloviny.

III. Výnosy sušiny nadzemní hmoty a kořenů a obsah dusíku v rostlinné biomase v průběhu prvního a druhého užitkového roku — The dry matter yields of above-ground parts and roots and the nitrogen content in plant biomass during the first and second cropping years

	Seč	Výnosy suché píce (t.ha ⁻¹)	Množství N v suché píce (kg.ha ⁻¹)	Podíl N v suché píce (%)	Hmotnost sušiny kořenů (t.ha ⁻¹)	Množství N v sušině kořenů (kg.ha ⁻¹)	Podíl N v sušině kořenů (%)	Poměr N : NH	Množství K (%)
1. užitkový rok	1.	3,080	97,328	3,16					
	2.	2,660	85,652	3,22					
	3.	3,360	94,080	2,80					
	4.	1,890	69,741	3,69	2,226	52,534	2,36		
	Σ	10,990	346,801	3,22	2,226	52,534	2,36	86,84	13,16
2. užitkový rok	1.	9,270	233,604	2,52					
	2.	8,128	151,180	1,86					
	3.	4,760	152,104	3,20	7,056	151,704	2,36		
	Σ	22,158	537,104	2,53	7,056	151,704	2,36	77,98	22,07
Střední hodnota z průměru dvou let		16,574	441,952	2,88				82,41	17,59

IV. Podíl dusíku získaného fixací a kalkulace dusíku odebraného ze zeminy jetelem v průběhu prvního a druhého užitkového roku — The proportion of nitrogen obtained by fixation and the calculation of nitrogen taken up from the soil by red clover during the first and second cropping years

kg.ha ⁻¹	1. užitkový rok	2. užitkový rok	Střední hodnota z průměru dvou let
Množství N v suché nadzemní hmotě ze sečí	346,801	537,104	441,952
Množství N v sušině kořenů	52,534	99,170	151,704
Množství N v nadzemní hmotě + kořenech	399,334	636,274	593,656
Množství N získaného fixací	88,849	70,746	79,797
Odběr N ze zeminy	310,485	565,528	438,006

DISKUSE

V zemědělství se biologická fixace N₂ nutně prolíná s celým spektrem vnějších faktorů, jako jsou teplota, zásobení vodou, vlastnosti půdy, agrotechnické zásahy apod. Kterýkoliv z těchto faktorů může v určitém okamžiku převážit a rozhodující mírou stimulovat nebo inhibovat symbiózu.

V. Rozbor zeminy z pokusných nádob, ve kterých byl pěstován jetel po dobu dvou užitkových let — An analysis of the soil from the experimental pots where red clover was grown during the first two cropping years

Rozbor		1. užitkový rok		2. užitkový rok	
		20. 4.	24. 10.	14. 4.	31. 8.
CaCO ₃ (%)		0,60	0,24	0,60	0,30
pH		7,50	7,22	7,16	7,30
Potřeba vápnění		0	0	0	0
Obsah živin v 1 kg zeminy (mg)	P	124	99	106	78
	K	188	96	109	86
	Mg	110	133	122	121
C _{ox} (%)		1,72	1,54	1,70	1,40
Humus (%)		2,97	2,65	2,93	2,40
N _t (%)		0,170	0,150	0,158	0,124
Obsah NH ₄ ⁺ -N ve 100 g zeminy (mg)		0,307		0,166	
Obsah NO ₃ ⁻ -N ve 100 g zeminy (mg)		0,193		0,161	
Σ obsahu NH ₄ ⁺ -N, NO ₃ ⁻ -N v 1 kg zeminy (mg)		5,0		3,27	

V uvedené práci byly proto sledovány změny nitrogenázové aktivity nodulovaných kořenů jetele v průběhu celé vegetační sezóny, pokud možno za podobných podmínek jako u jetele pěstovaného v zemědělské výrobě.

Byli jsme si vědomi závažné limitace pokusu omezením přirozeného rozvoje kořenového systému v nádobkách. Avšak předcházející polní pokusy byly silně ovlivněny právě mohutností kořenového systému, který se nikdy nepodařilo odebrat celý, často měly na neúspěchu podíl i klimatické podmínky, kdy docházelo, buď vlivem déle trvajících sucha, nebo naopak přemokření, k hrubému zkreslení naměřených hodnot.

Údaje o fixaci N₂ jsou v uvedených nádobových pokusech proti přirozeným podmínkám limitovány, ale takto prováděné pokusy dovolují sledovat dynamiku průběhu i změn ve fixaci po celou vegetační sezónu.

Biologická fixace N₂ může být silně ovlivněna klimatickými faktory (Halliday, Pate, 1976; Vaughn, Jones, 1976; Vessey, Patriquin, 1984; Wivstad et al., 1987; Alston, Puckridge, 1986). Vysoká nitrogenázová aktivita u jetele byla zjištěna jen v období od května do září. Velkým zásahem ovlivňujícím nitrogenázovou aktivitu jetele je seč (Halliday, Pate, 1976; Vance et al., 1979; Cralle, Heichel, 1981; Wivstad et al., 1987). Po seči dochází k prudkému poklesu nitrogenázové aktivity a teprve s obnovujícím se olistěním dochází k jejímu opětovnému vzestupu, což zřejmě souvisí s omezeným přístupem fotosyntetátů do hlízek (Hardy, Havelka, 1975a, 1975b; Lawrie, Wheeler, 1975).

Acetylén-redukční metoda spolu s přímým stanovením dusíku byla použita ke kvantitativním odhadům symbioticky fixovaného dusíku u jetele během celé sezóny, kdy nadzemní hmota byla pravidelně sečena. Hodnoty byly porovnány s výsledky dusíkové bilance v půdě. Oba způ-

soby odhadu biologické fixace dávaly velmi podobné výsledky. Množství symbioticky fixovaného dusíku během užitého roku bylo v tomto pokusu odhadnuto na 80 až 90 kg/ha, což by představovalo zhruba 20 % z celkově přijatého dusíku rostlinou.

Literatura

- ALLOS, H. F.: Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. *Soil Sci.*, 87, 1959, s. 61-67.
- ALSTON, A. M. — PUCKRIDGE, D. W.: Temporal changes in carbon dioxide exchange rates, acetylene reduction and distribution of nitrogen in barrel medic (*Medicago trunculata* Gaertn.) grown in the field. *Austral. J. agric. Res.*, 37, 1986, s. 263-267.
- BAIER, J.: Soustava hnojení polních plodin. Praha, SZN 1979.
- CRALLE, H. T. — HEICHEL, G. H.: Nitrogen fixation and vegetative regrowth of alfalfa and birdsfoot trefoil after successive harvests of floral debudding. *Pl. Physiol.*, 67, 1981, s. 898-905.
- DUCHOŇ, F.: Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských. Praha, ČAZ 1948.
- HALLIDAY, J. — PATE, J. S.: The acetylene reduction assay as a means of studying nitrogen fixation in white clover under sward and laboratory conditions. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 31, 1976, s. 29-35.
- HARDY, R. W. F. — HAVELKA, V. D.: Photosynthetate as a major factor limiting nitrogen fixation by field grown legumes with emphasis on soybeans. In: *Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants*, P. S. Nutman (ed.), IBP 7, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1975a.
- HARDY, R. W. F. — HAVELKA, V. D.: Nitrogen fixation research: A key to world food? *Science*, 188, 1975b, s. 633-643.
- LAWRIE, A. C. — WHEELER, C. T.: Nitrogen fixation in the root nodules of *Vicia faba* L. in relation to the assimilation of carbon. 1. Plant growth and metabolism of photosynthetic assimilates. *New Phytol.*, 74, 1975, s. 429-436.
- MÁCHOVÁ, M. — BROŽOVÁ, O. — HÁDEK, J.: Vliv teploty a osvětlení na nitrogenázovou aktivitu hlízec jetele lučního. *Rostl. Vyr.*, 31, 1985, č. 4, s. 337-342.
- MAREČKOVÁ, H.: Biologická fixace dusíku a její využití. Praha, ÚVTIZ 1983.
- NELSON, C. E. — ROBINS, J. S.: Nitrogen uptake by ladino clover-orchardgrass pasture under irrigation as influenced by moisture, nitrogen fertilization and clipping treatment. *Agron. J.*, 49, 1957, s. 72-74.
- PRJANIŠNIKOV, D. N.: Výživa rostlin v soustavách zemědělství. Praha, SZN 1962.
- SERGEJEV, P. A. — ŠAIN, S. S. — KONSTANTINOVA, A. M. — GERASIMOVA, A. I. — MINJAJEVA, O. M. — FEDOSJEV, B. V.: Klever. Moskva, Izd. sel'-choz. Lit. Ž. Plak. 1963.
- STEWART, W. D. P.: Nitrogen fixation — its current relevance and future potential. *Israel J. Bot.*, 31, 1982, s. 5-44.
- STRÁDAL, O.: Hnojení jetelovin a jejich směsek s travami dusíkem. [Kandidátská disertace.] Praha 1969. ČSAZ.
- ŠKRDLETA, V. — NAŠINEC, V. — HAVLOVÁ, M.: Vztah mezi redukcí acetylenu a některými ukazateli symbiotické fixace dusíku u hrachu (*Pisum sativum* L.). *Rostl. Vyr.*, 22, 1976, č. 8, s. 881-888.
- TOMKA, O. — KAŠPER, J. — DUGÁT, I.: K otázce vplyvu N u datelinotravných miešaniak. *Rostl. Vyr.*, 11, 1965, č. 12, s. 1307-1322.
- VANCE, C. P. — HEICHEL, G. H. — BARNES, D. K. — BRYAN, J. W. — JOHNSON, L. E.: Nitrogen fixation, nodule development and vegetative regrowth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) following harvest. *Pl. Physiol.*, 64, 1979, s. 1-8.
- VAUGHN, CH. E. — JONES, M. B.: Nitrogen fixation by intact annual rangeland species in soil. *Agron. J.*, 68, 1976, s. 561-564.
- VESSEY, J. K. — PATRIQUIN, D. G.: *In situ* nitrogen fixation by white clover in mixed swards in Nova Scotia. *Can. J. Pl. Sci.*, 64, 1984, s. 625-636.
- WIVSTAD, M. — MÅRTENSSON, A. M. — LJUNGGREN, H. D.: Field measurement of symbiotic nitrogen fixation in an established lucerne by using ¹⁵N and an acetylene reduction method. *Pl. and Soil*, 97, 1987, s. 93-104.

Došlo dne 7. 4. 1988

MAXOVA, M. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага-Рузыне): **Сезонный ход биологической азотфиксации из атмосферы у клевера лугового в первом и во втором годах использования.** Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 907-917.

В опытах проводимых в сосудах с почвой изучались изменения в нитрогеназной активности клевера лугового сорта 'Старт' в ходе вегетационного периода в первом и во втором годах использования. Нитрогеназная активность измерялась ацетилен-этиленовым методом. Полученные результаты сравнивались с данными полученными азотным балансом в почве и растениях. Количество симбиотически фиксированного азота в течении продуктивного года прогнозировалось на уровне 80—90 кг/га, что составляло приблизительно 20 % из общего поступившего азота в растение.

Rhizobium trifolii; нитрогеназная активность; биологическая молекулярная азотфиксация; сезонный ход биологической молекулярной азотфиксации; ацетилен-этиленовый метод

MÁCHOVÁ, M. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *Seasonal Pattern of the Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen in Red Clover during the First and Second Cropping Year.* Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 907-917.

Changes in the nitrogenase activity of the 'Start' red clover variety throughout the growing seasons of the first and second cropping years were studied in pot trials with field soil. Nitrogenase activity was measured by the acetylene-ethylene method. The results were compared with the data obtained on the basis of nitrogen balance in the soil and in the plants. The amount of symbiotically fixed nitrogen during the cropping year was estimated to be 80 to 90 kg per ha, which was about 20 % of the total quantity of nitrogen taken up by the plant.

Rhizobium trifolii; nitrogenase activity; biological fixation of molecular nitrogen; seasonal pattern of biological fixation of molecular nitrogen; acetylene-ethylene method

MÁCHOVÁ, M. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Saisonprofil der biologischen Fixation von Luftstickstoff bei Rotklee im ersten und zweiten Nutzungsjahr.* Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 907-917.

In Gefäßversuchen mit Bodensubstrat wurden Veränderungen der Nitrogenaseaktivität von Rotklee, Sorte 'Start', im Verlauf der ganzen Vegetationssaison des ersten und zweiten Nutzungsjahres untersucht. Die Nitrogenaseaktivität wurde mittels der Azetylen-Äthylen-Methode gemessen. Die gewonnenen Ergebnisse wurden mit den anhand der Stickstoffbilanz im Boden und in den Pflanzen ermittelten Daten verglichen. Die Menge des symbiotisch fixierten Stickstoffs im Verlauf des Nutzungsjahres wurde auf 80 bis 90 kg/ha geschätzt, was etwa 20 % des durch die Pflanze insgesamt aufgenommenen Stickstoffs darstellte.

Rhizobium trifolii; Nitrogenaseaktivität; biologische Fixation des Molekularstickstoffs; Saisonprofil der biologischen Fixation des Molekularstickstoffs; Azetylen-Äthylen-Methode

Adresa autorky:

Marie Mácho vá, prom. biol., CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha-Ruzyně

ERNÄHRUNGSSTÖRUNGEN BEI KULTURPFLANZEN — ENSTEHUNG, VISUELLE UND ANALYTISCHE DIAGNOSE

PORUCHY VÝŽIVY ROSTLIN

W. Bergmann

VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1988, 2. rozšířené a nově uspořádané vydání, 762 s., 945 foto, 17 obr., 12 přehl. a 110 tab., cena 120 M

Odborné literatury zabývající se vznikem a rozpoznáváním poruch ve výživě rostlin s kvalitní barevnou fotografickou dokumentací je málo nejen u nás, ale i v zahraničí. Již první vydání knihy *Poruchy výživy u kulturních rostlin — Původ a diagnóza* v roce 1983 vzbudilo značný zájem ve vědeckých kruzích v NDR i v jiných státech a bylo brzy rozebráno.

Autor této nevšední publikace prof. W. Bergmann rozšířil a doplnil první vydání o nové vědecké poznatky z poslední doby. Knihu rozčlenil do deseti kapitol. Nově zařadil kapitolu „Analytická diagnóza u rostlin“ a 93 barevných fotografií se symptomy poškození rostlin, způsobených zasolením, po působení imisí na jehličnaté a listnaté stromy a s příznaky nedostatku živin u některých subtropických a tropických rostlin.

Úvodní kapitola pojednává o historii, významu a využití diagnostických metod. Ukazuje se, že přes značné úspěchy, dosažené v posledních desetiletích, zůstává ještě mnoho otázek ve výživě rostlin neobjasněno.

Druhá kapitola se zabývá výskytem a rozeznáním příznaků poškození rostlin, způsobených minerálními látkami. Následující kapitola je věnována vlivu hnojení dusíkem, draslíkem, fosforem, vápníkem, sírou, bórem, mědí, železem, manganem, molybdenem, zinkem a některými dalšími prvky na rezistenci kulturních rostlin k chorobám a škůdcům.

Ve čtvrté nejrozsáhlejší kapitole autor analyzuje příčiny vzniku poruch ve výživě rostlin. U každého prvku je podrobně charakterizován jeho fyziologický význam a zapojení do metabolických procesů. Detailně je popsán vývoj příznaků při nedostatku i nadbytku živin u jednotlivých druhů kulturních rostlin. Kromě esenciálních prvků je věnována pozornost i dalším stopovým prvkům (Al, Co, Na, Ni, Si, V, F) a toxicky působícím těžkým kovům (Cd, Cr, Hg, Pb).

Velice významná je pátá kapitola, kde jsou vedle rozsáhlých tabulek s dostatečnými obsahy makro- a mikroprvků pro velké množství rostlin popsány možnosti praktického využití analýzy rostlin při intenzifikaci a racionalizaci používání hnojiv. Pro operativní a nenákladné stanovení potřeby dohnojení dusíkem byl vyvinut rychlý nitrátový test.

Šestá kapitola obsahuje jednoduché a přehledné klíče k určení nedostatku a nadbytku minerálních látek u zemědělských a lesních kulturních rostlin podle vizuálních příznaků poškození.

Sedmou kapitolu tvoří 945 kvalitních, přehledně uspořádaných, barevných fotografií se symptomy fyziologického poškození běžných polních plodin, zeleniny, okrasných a lesních stromů, způsobených nedostatkem či nadbytkem N, P, S, K, Ca, Mg, B, Mo, Cu, Fe, Mn a Zn. Dále jsou zařazeny příznaky poškození těžkými kovy, oxidem siřičitým, čpavkem, kyselinou chlorovodíkovou, oxidy dusíku a zasolením u celé řady kulturních rostlin. Text pod barevnými fotografiemi je uveden v němčině, angličtině a ruštině.

Trí závěrečné kapitoly knihy poskytují čtenáři na více než sto stranách bohaté informace o původu barevných fotografií, velké množství detailních citací původních vědeckých prací a podrobně zpracovaný heslový rejstřík.

Knihy je zdařilým dílem světově známého odborníka ve výživě rostlin prof. W. Bergmanna, který celý svůj život zasvětil tomuto oboru, a měla by být i u nás běžnou pomůckou všech specialistů zabývajících se výživou rostlin.

Ing. František Zelený, CSc.

NITROGENÁZOVÁ AKTIVITA (SYMBIOTICKÁ FIXACE DUSÍKU) U JETELE LUČNÍHO (*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)

M. Šimek

ŠIMEK, M. (Ústav půdní biologie ČSAV, České Budějovice): *Nitrogenázová aktivita (symbiotická fixace dusíku) u jetele lučního (Trifolium pratense L.)*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 919-926.

Byla měřena nitrogenázová acetylen-etylen-redukční aktivita u vzorků (půdních monolitů o průměru 42 mm a výšce 100 mm) odebíraných z polních pokusů s jetelem lučním (*Trifolium pratense* L.) odrůdy 'Start'. Ve vrstvě půdy 0 až 100 mm byla zjištěna značná plošná heterogenita, a to jak nitrogenázové aktivity, tak biomasy kořenů. Nitrogenázová aktivita vzorků odebraných v řádcích byla několikanásobně vyšší než nitrogenázová aktivita vzorků odebraných na jiných místech porostu. Většina nitrogenázové aktivity (70 až 84 %) i většina biomasy kořenů (77 %) z vrstvy půdy 0 až 300 mm byla soustředěna ve svrchní vrstvě 0 až 100 mm. Nitrogenázová aktivita měřená v průběhu roku vykazovala brzy na jaře výrazné maximum (5981 nmol C₂H₄ na vzorek za hodinu). Seč porostu v dalším období velmi snížila nitrogenázovou aktivitu, ta se pak pozvolna zvyšovala. Dosáhla však již jen asi 13 % jarního maxima. Velikost fixace dusíku u studovaného porostu jetele lučního byla odhadnuta na 110 kg/ha za období 215 dnů.

Trifolium pratense L.; polní pokus; nitrogenázová aktivita; symbiotická fixace dusíku

Značná potřeba dusíku je u jetele lučního stejně jako u ostatních jetelovin zabezpečována jednak příjmem minerálních forem dusíku, jednak symbiotickou fixací molekulárního dusíku. Na to, který způsob získávání dusíku převládne, má vliv řada faktorů: genotyp a stáří rostlin, různé faktory vnějšího prostředí (Marečková, 1979; Wery et al., 1986), vnitřní podmínky symbiotického fixačního systému, tj. vlastnosti nodulujícího kmene rhizobií a jeho kompatibilita s rostlinou aj. Symbiotická fixace dusíku je omezována vlivem nejrůznějších faktorů a v polních podmínkách vesměs nedosahuje maximálních hodnot (Atkins, 1986). Intenzitu biologické fixace dusíku je možné zvyšovat přímo ovlivněním samotných fixačních systémů (např. inokulací vysoce efektivními kmeny rhizobií), ale i vytvářením příznivějších podmínek pro fixátory dusíku (např. šetrným používáním pesticidů, péčí o množství a kvalitu organických látek v půdě, udržováním vhodné půdní vlhkosti, pH půdy aj.). Přes závažnost problému je dosud k dispozici poměrně málo údajů o velikosti symbiotické fixace dusíku u jetelovin v polních podmínkách, jetel luční nevyjímaje. Je to dáno charakterem a zemědělským využitím těchto rostlin (víceletost, vícesečnost, habitus rostlin, proměnlivost fixačního

systému v čase aj.) i metodickými obtížemi stanovení fixace dusíku (Našinec et al., 1977; Šimek et al., 1987; Šimek et al., 1988).

Cílem předložené práce bylo stanovit nitrogenázovou aktivitu u jetele lučního v polních podmínkách s přihlédnutím ke specifickému charakteru rostlin a porostu jetele (relativně mohutný kořenový systém, způsob setí do řádků). Cílem také bylo pokusit se odhadnout velikost symbiotické fixace dusíku u studovaného porostu jetele.

MATERIÁL A METODY

Pokusný materiál byl odebírán z polních pokusů VŠÚP v Troubsku u Brna a z polních pokusů katedry pícninářství agronomické fakulty VŠZ v Českých Budějovicích v letech 1984 a 1985. Pokus VŠÚP byl založen v dubnu 1983 bez krycí plodiny, a to metodou znáhodněných bloků ve třech opakováních. Výsevek byl 8 mil. klíčivých semen na 1 ha, meziřádková vzdálenost byla 0,125 m. Pokusný pozemek se nachází ve výrobním typu řepařském, v nadmořské výšce 280 m, na hlinité hnědozemí s neutrální reakcí. Dlouhodobý průměr roční teploty je zde 8,4 °C, dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek 547 mm. Pokus v Českých Budějovicích byl založen v dubnu 1984 metodou znáhodněných bloků ve čtyřech opakováních. Jetele luční byl zaset do ovsu jako krycí plodiny. Pokusný pozemek se nachází ve výrobním typu bramborářsko-pšeničném, v nadmořské výšce 380 m, na písčito-hlinité hnědé půdě kyselé. Průměrná roční teplota je zde 8,2 °C, průměrný roční úhrn srážek 690 mm. V obou polních pokusech byla použita odrůda 'Start'.

Vzorky byly odebírány vždy ráno mezi osmou a devátou hodinou, ve formě půdních monolitů s kořeny. Nadzemní části rostlin byly odstraněny asi 50 mm nad povrchem půdy. Podrobné pokusné podmínky jsou pro přehlednost uvedeny u jednotlivých experimentů.

Bezprostředně po odběru byly vzorky převezeny do laboratoře, zváženy a ihned byla měřena nitrogenázová aktivita. Pro měření nitrogenázové aktivity byla použita modifikovaná nepřímá metoda založená na nitrogenázové redukci acetylenu (Škrdleta et al., 1976; Šimek et al., 1987).

Půdní vlhkost byla zjišťována běžnou gravimetrickou metodou a je uváděna jako hmotnost vody v procentech z hmotnosti půdy v přirozeném vlhkém stavu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Plošná heterogenita porostu z hlediska nitrogenázové aktivity

V porostu jetele lučního zůstávají i ve druhém a třetím roce pěstování zachovány původní řádky. Rozložení rostlin včetně kořenů a kořenových hlízek s rhizobii je tedy plošně nerovnoměrné. K podchycení případné plošné heterogenity z hlediska nitrogenázové aktivity byla proto měřena nitrogenázová aktivita u vzorků odebraných v různých místech porostu.

V prvním experimentu byly vzorky odebrány v porostu náhodně bez ohledu na polohu vzorkovače při odběru vzhledem k řádkům jetele. Vzorky byly odebrány 4. 7. 1985 v Troubsku, a to jako monolity o průměru 42 mm a výšce 100 mm z vrstvy půdy 0 až 100 mm.

Celkem bylo odebráno 30 vzorků. Minimální nitrogenázová aktivita byla 21,1 a maximální 1698,7 nmol C₂H₄ na vzorek za hodinu. Průměrná nitrogenázová aktivita byla 259,3 nmol C₂H₄ na vzorek za hodinu (směrodatná odchylka $s = 343,8$, variační koeficient $V = 133 \%$). Ze 30 vzorků bylo v řádcích odebráno sedm vzorků s průměrnou nitrogenázovou aktivitou 741,8 nmol C₂H₄ na vzorek za hodinu, což představuje 286 % celkové průměrné nitrogenázové aktivity.

Místo odběru vzorků ($n = 10$)	Nitrogenázová aktivita			Hmotnost (suchých) kořenů			Nitrogenázová aktivita		
	(nmol C_2H_4 na vzorek za hodinu)			(g na vzorek)			(nmol C_2H_4 na g kořenů za hodinu)		
	$\bar{x}$	s	$V\%$	$\bar{x}$	s	$V\%$	$\bar{x}$	s	$V\%$
— v řádku	5818,1	2182,3	37,5	2,065	1,187	57,5	3395,6	1818,2	53,5
— u řádku	1615,5	804,7	49,8	0,271	0,109	40,2	5721,7	1220,3	21,3
— mezi řádky	1009,2	370,7	36,7	0,071	0,038	54,1	17914,7	10360,8	57,8

Po změření nitrogenázové aktivity byly ze vzorků izolovány kořeny a po vysušení zjištěna jejich hmotnost. Minimální hmotnost kořenů byla 0,0462 g, maximální 2,1956 g, průměrná 0,4918 g na vzorek ($s = 0,6204$, $V = 126\%$).

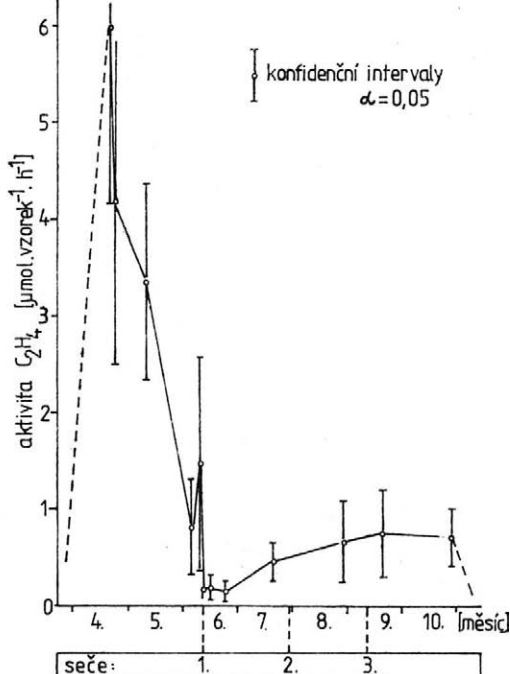
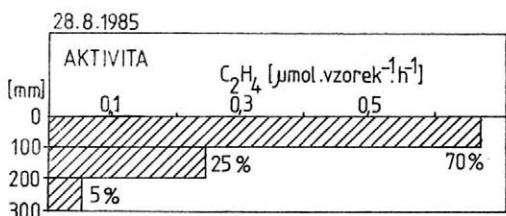
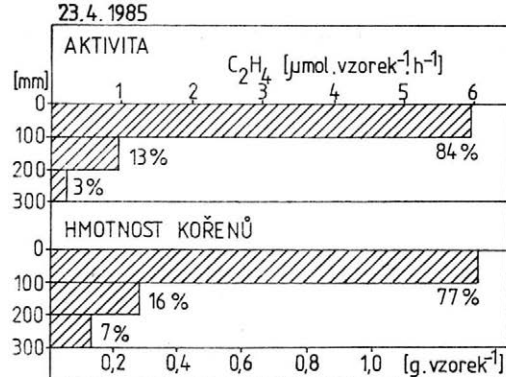
Mezi nitrogenázovou aktivitou Y (nmol C_2H_4 na vzorek za hodinu) a hmotností kořenů X (g na vzorek) 23 vzorků odebraných mimo řádky rostlin byla zjištěna lineární závislost: $Y = 14,645 + 904,13X$; $r = 0,632^{++}$. Počítalo-li se však se všemi 30 vzorky, lineární závislost nitrogenázové aktivity na hmotnosti suchých kořenů nebyla prokázána — projevil se tak vliv křivých kořenů, které jsou vzhledem ke své hmotnosti relativně málo nodulované.

Ve druhém experimentu byly 16. 4. 1985 odebrány stejné vzorky ze stejného porostu, a to v řádcích (střed vzorkovače byl při odběru nad středem řádku), u řádků (střed vzorkovače byl při odběru u okraje řádku) a v meziřádcích (střed vzorkovače byl při odběru uprostřed mezi dvěma sousedními řádky). V každém z uvedených míst porostu bylo odebráno deset vzorků.

Výsledky jsou uvedeny v tab. I. Při přepočtu nitrogenázové aktivity na celý vzorek je zřejmá výrazně nejvyšší nitrogenázová aktivita v řádcích. Průměrná nitrogenázová aktivita všech 30 vzorků byla 2814 nmol C_2H_4 na vzorek za hodinu, takže nitrogenázová aktivita v řádcích (5818 nmol C_2H_4 na vzorek za hodinu) činila 207 % celkové průměrné nitrogenázové aktivity. Podobně i hmotnost kořenů byla v řádcích nesrovnatelně vyšší než v ostatních místech porostu.

Vyjádření nitrogenázové aktivity na jednotku hmotnosti kořenů dobře ilustruje skutečnost, že směrem od středu řádku do meziřádku se více uplatňují nodulované jemné kořínky. V tomto směru klesá i hmotnost kořenů, a to podstatně prudčeji než nitrogenázová aktivita.

Z těchto výsledků je zřejmá velká závislost velikosti změřené nitrogenázové aktivity na místě odběru vzorku v porostu. Oproti dříve studovanému jeteli plazivému (Šimek et al., 1987) jde o naprosto jinou situaci. Z výsledků vyplývá, že při odhadu velikosti fixace dusíku v porostu jetele lučního je nezbytné brát v úvahu značnou plošnou heterogenitu porostu z hlediska nitrogenázové aktivity, vyplývající z určité distribuce nodulovaných kořenů.



1. Nitrogenázová aktivita a hmotnost kořenů (sušina) u jetele lučního v půdním profilu do 300 mm — Nitrogenase activity and root weight (dry matter) in red clover within the soil profile to the depth of 300 mm

2. Změny nitrogenázové aktivity ve vrstvě půdy 0 až 100 mm u jetele lučního během roku — Changes in nitrogenase activity in the soil layer from 0 to 100 mm in red clover in the course of the year

Nitrogenázová aktivita v půdním profilu

Ke stanovení nitrogenázové aktivity v půdním profilu byly vzorky odebrány z porostu jetele lučního v Českých Budějovicích 23. 4. a 28. 8. 1985, a to jako půdní monolity o průměru 68 mm a výšce 100 mm, z půdních vrstev 0 až 100, 100 až 200, 200 až 300 mm. Vzorky byly odebrány v řádcích jetele, z každé vrstvy osm (23. 4. 1985) nebo pět (28. 8. 1985) vzorků.

Výsledky jsou uvedeny na obr. 1. Je zřejmé, že většina nitrogenázové aktivity i většina biomasy kořenů je soustředěna ve svrchní vrstvě půdy 0 až 100 mm. Nitrogenázovou aktivitu v hlubších vrstvách půdy však nelze zanedbat, neboť může činit i více jak 30 % celkové nitrogenázové aktivity. Podobné rozložení nitrogenázové aktivity i biomasy kořenů v půdním profilu jsme zjistili u jetele plazivého (Šimek et al., 1987).

Dynamika nitrogenázové aktivity během vegetace, odhad potenciální fixace molekulárního dusíku

Z porostu jetele lučního v Českých Budějovicích bylo v roce 1985 provedeno celkem 12 odběrů vzorků ve formě půdních monolitů o průměru 68 mm a výšce 100 mm. Vzorky byly odbírány v řádcích porostu z vrstvy půdy 0 až 100 mm.

Datum	Počet vzorků (n)	Vlhkost (%)	Hmotnost kořenů (g na vzorek)	Nitrogenázová aktivita (nmol C ₂ H ₄ na vzorek za hodinu)	Kalkulované období	Fixace dusíku (g na m ² za období)
—	—	—	—	500 *	1. 4. — 10. 4.	0,219
—	—	—	—	3500 *	11. 4. — 16. 4.	0,838
23. 4.	10	10,9	1,331	5980,8	17. 4. — 24. 4.	1,908
25. 4.	6	11,1	1,045	4139,4	25. 4. — 3. 5.	1,486
12. 5.	8	7,7	1,439	3346,2	4. 5. — 23. 5.	2,670
5. 6.	8	16,0	1,939	801,8	24. 5. — 8. 6.	0,512
10. 6.	8	14,6	1,782	1482,4	9. 6. — 11. 6.	0,177
12. 6.	8	14,9	1,580	162,8	12. 6. — 13. 6.	0,013
14. 6.	8	12,6	1,591	191,2	14. 6. — 18. 6.	0,038
24. 6.	8	16,2	n	139,5	19. 6. — 6. 7.	0,100
18. 7.	5	10,5	1,121	472,5	7. 7. — 7. 8.	0,603
28. 8.	5	14,5	n	675,6	8. 8. — 8. 9.	0,863
20. 9.	5	12,7	1,403	750,9	9. 9. — 5. 10.	0,809
28. 10.	6	9,0	1,501	723,3	6. 10. — 31. 10.	0,748
—	—	—	—	250 *	1. 11. — 1. 11.	0,010
Celkem					1. 4. — 1. 11.	10,994

* — odhadnuté hodnoty, n — hodnoty nebyly stanoveny

Termíny odběru vzorků a naměřené parametry jsou uvedeny v tab. II. Půdní vlhkost během roku dosti kolísala, také hmotnost kořenů se měnila — maxima dosáhla v období intenzivního růstu před první sečí. Průběh nitrogenázové aktivity je názorně dokumentován na obr. 2. Nitrogenázová aktivita měla výrazné maximum velmi brzy na jaře. Poté se snižovala a prudce poklesla po první seči. Později se pozvolna zvyšovala, avšak dosáhla již jen asi 13 % jarního maxima. Pozoruhodný je brzký nástup vysoké nitrogenázové aktivity v jarním období. První odběr vzorků byl proveden 23. 4., v době, kdy rostliny (podle subjektivního odhadu) teprve začínaly intenzivně růst. Již v této době však byla změřena maximální nitrogenázová aktivita, což svědčí o určitém časovém předstihu aktivity rhizobií v kořenových hlízkách před intenzivním růstem rostlin. Rostliny jetele si takto mohou vytvořit rezervu dusíku pro období růstu. Zjištění časného nástupu nitrogenázové aktivity je velmi důležité, upozorňuje na nutnost začít při podobném zkoumání s měřením nitrogenázové aktivity již v předjaří, ihned po roztání sněhu. Zjištěné údaje nejsou zcela v souladu s výsledky, které uveřejnili Našinec et al. (1977). Autoři zjistili, že s výjimkou květnového maxima, jež několika násobně převyšovalo všechny ostatní měření, byla nitrogenázová aktivita nodulovaných kořenů jetele lučního vcelku vyrovnaná. Odlišnosti v datování maxima (15. 5.) i v charakteru průběhu nitrogenázové aktivity

(vyrovnanější průběh) od námi zjištěných skutečností lze vysvětlit méně častými odběry vzorků a samozřejmě i vlivem nejrůznějších faktorů — šlo o jiný porost v jiném roce a na jiném stanovišti. Našinec et al. (1977) upozorňují na souvislost mezi fixací dusíku a intenzitou fotosyntézy, kumulací dusíku a růstem rostlin. Maximum nitrogenázové aktivity nodulovaných kořenů korelovalo s nejvyšším obsahem dusíku v sušině nadzemní hmoty a těsně předcházelo výraznému vzestupu produkce nadzemní hmoty. Podobně Lindströmová (1983) zjistila velmi těsnou lineární závislost mezi nitrogenázovou aktivitou a růstovou rychlostí nadzemních částí rostlin tří druhů jetelovin. Výrazný vliv na nitrogenázovou aktivitu mají seče. Zejména po první seči bývá zjišťován prudký pokles nitrogenázové aktivity (Masterston, Murphy, 1975; Fishbeck, Phillips, 1982; Šimek et al., 1987).

Zjištění určité plošné heterogenity porostu z hlediska nitrogenázové aktivity, distribuce nitrogenázové aktivity v půdním profilu a dynamiky nitrogenázové aktivity během roku umožnily odhadnout velikost fixace dusíku u studovaného porostu jetele lučního na 110 kg/ha za období 1. 4. až 1. 11. 1985, tj. za 215 dnů (tab. II).

Odhad je založen na předpokladech, že fixační systém byl aktivní před prvním a po posledním odběru (nitrogenázová aktivita v těchto obdobích byla odhadnuta), že úroveň nitrogenázové aktivity, zjištěná v určitém odběrovém termínu, platí pro celé kalkulované období a že nitrogenázovou redukci acetylénu lze přepočítat na nitrogenázovou redukci dusíku podle poměru 4:1 (Šimek et al., 1987). Je tedy možné, že odhad fixace je zatížen značnou chybou.

Poděkování

Za poskytnutí pokusného materiálu a umožnění analýz na plynovém chromatografu děkuje autor zejména RNDr. V. Vackovi, CSc., RNDr. J. Hofbauero-
vi, CSc., ing. A. Tomašovičové, CSc., doc. ing. F. Turkovi, CSc., ing. E. Biedermannové, CSc., doc. ing. J. Vondrysovi, CSc., ing. F. Kunclo-
vi, CSc.

Literatura

- ATKINS, C. A.: The legume/*Rhizobium* symbiosis: limitations to maximizing nitrogen fixation. *Outl. Agric.*, 15, 1986, s. 128-134.
- FISHBECK, K. A. — PHILLIPS, D. A.: Host plant and rhizobium effects on acetylene reduction in alfalfa during regrowth. *Crop Sci.*, 22, 1982, s. 251-254.
- LINDSTRÖM, K.: Nitrogenase activity (C_2H_2) of Finnish forage legumes *in situ*. In: 5th Int. Symp. on nitrogen fixation. Noordwijkerhout — The Netherlands, 1983, Book of abstracts 1A - 7.
- MAREČKOVÁ, H.: Vliv vnějších faktorů na biologickou fixaci dusíku a její využití v zemědělství. *Rostl. Výr.*, 25, 1979, č. 11, s. 1175-1181.
- MASTERSON, C. L. — MURPHY, P. M.: Application of the acetylene reduction technique to the study of nitrogen fixation by white clover in the field. In: Symbiotic nitrogen fixation in plants. Nutman, P. S. (ed.) IBP, 7, 1975, s. 299-316.
- NAŠINEC, V. — ŠKRDLETA, V. — MAREČKOVÁ, H.: Enzymatická redukce acetylénu (fixace molekulárního dusíku) u jetele červeného (*Trifolium pratense* L.) v polních podmínkách. *Rostl. Výr.*, 23, 1977, č. 10, s. 1067-1072.
- ŠIMEK, M. — VACEK, V. — ÚLEHLOVÁ, B.: Stanovení fixace dusíku u jetele plazivého (*Trifolium repens* L.). *Rostl. Výr.*, 33, 1987, č. 3, s. 279-292.

ŠIMEK, M. — HOFBAUER, J. — TOMAŠOVIČOVÁ, A. — MÁLEK, J.: Nitrogenázová aktivita u odrůd jetele lučního. Genet. a Šlecht., 24, 1988, č. 1, s. 37-46.

ŠKRDLETA, V. — NAŠINEC, V. — HAVLOVÁ, M.: Vztah mezi redukcí acetylénu a některými ukazateli symbiotické fixace dusíku u hrachu (*Pisum sativum* L.). Rostl. Výr., 22, 1976, č. 8, s. 881-888.

WERY, J. — TURC, O. — SALSAC, L.: Relationship between growth, nitrogen fixation and assimilation in a legume (*Medicago sativa* L.). Pl. and Soil, 96, 1986, s. 17-29.

Došlo dne 25. 3. 1988

ШИМЕК, М. (Институт почвенной биологии ЧСАН, Чешске Будейовице): Нитрогеназная активность (симбиотическая фиксация азота) у клевера лугового (*Trifolium pratense* L.). Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 919-926.

Измеряли нитрогеназную ацетилен-этилен редуccionную активность в образцах (почвенных монолитах диаметром 42 мм и высотой 100 мм) отбираемых из участков, на которых проводили полевые опыты с клевером луговым (*Trifolium pratense* L.) сорта 'Старт'. В слое почвы 0—100 мм установили значительную плоскостную гетерогенность, что касается нитрогеназной активности и биомассы корней. Нитрогеназная активность отобранных образцов в рядках была многократно большей чем, нитрогеназная активность образцов отобранных на других местах посева. Большинство нитрогеназной активности (70—84 %) и большинство биомассы корней (77 %) из слоя почвы 0—300 мм были сосредоточены в верхнем слое 0—100 мм. Нитрогеназная активность, которую измеряли в течении года, ранней весной показывала выраженный максимум (5981 н моль C_2H_4 на 1 образец/час). Укос посева в последующем периоде сильно нитрогеназную активность понизил, затем последовало постепенное повышение. Однако, она уже достигла приблизительно 13 % весеннего максимума. Азотфиксация у изучаемого посева клевера лугового предварительно оценивалась на уровне 110 кг/га за период 215 дней.

Trifolium pratense L.; полевой опыт; нитрогеназная активность; симбиотическая азотфиксация

ŠIMEK, M. (Institute of Soil Biology of the Czechoslovak Academy of Sciences, České Budějovice): Nitrogenase Activity (Symbiotic Fixation of Nitrogen) in Red Clover (*Trifolium pratense* L.). Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 919-926.

Nitrogenase acetylene-ethylene reduction activity was measured in samples (soil monoliths, 42 mm in diameter, 100 mm in length), collected in field trials with red clover (*Trifolium pratense* L.), variety 'Start'. A considerable areal variability of nitrogenase activity and root biomass was recorded in the soil layer from 0 to 100 mm. The nitrogenase activity of samples taken from the rows was several times higher than that of samples taken from other places in the stand. Major part of nitrogenase activity (70 to 84 %) and the majority of the root biomass (77 %) within the soil layer of 0—300 mm were concentrated in the upper part of that layer (0—100 mm). The nitrogenase activity, measured during the year, showed a peak early in spring (5981 nmol C_2H_4 per sample per hour). A cut in the subsequent period considerably reduced nitrogenase activity, which began to increase step by step afterwards but the level it reached was only about 13 % of the spring maximum. The amount of nitrogen fixed in the stand of red clover was estimated to be 110 kg per ha over the period of 215 days.

Trifolium pratense L.; field trial; nitrogenase activity; symbiotic nitrogen fixation

ŠIMEK, M. (Institut für Bodenbiologie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, České Budějovice): Nitrogenaseaktivität (symbiotische Stickstofffixation) bei Rotklee (*Trifolium pratense* L.). Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 919-926.

Es wurde die Azetylen-Äthylen-Reduktionsaktivität der Nitrogenase in aus Feldversuchen mit Rotklee (*Trifolium pratense* L.), Sorte 'Start', entnommenen Proben

(d. h. Bodenmonolithen von 42 mm Durchmesser und 100 mm Höhe) gemessen. In der Bodenschicht von 0 bis 100 mm wurde eine beträchtliche Flächenheterogenität u. zw. sowohl in bezug auf die Nitrogenaseaktivität als auch auf die Wurzelbiomasse, festgestellt. Die Nitrogenaseaktivität der aus den Reihen entnommenen Proben war mehrfach höher als die der an anderen Stellen des Bestands entnommenen Proben. Die Mehrheit der Nitrogenaseaktivität (70 bis 84 %) sowie die meiste Biomasse der Wurzeln (77 %) aus der Bodenschicht von 0 bis 300 mm war in der oberen Schicht (0 bis 100 mm) konzentriert. Die im Verlauf des Jahres gemessene Nitrogenaseaktivität wies ein markantes Maximum zeitig im Frühjahr auf (5981 nmol C_2H_4 pro Probe pro Stunde). Der Schnitt des Bestands im weiteren Verlauf setzte die Nitrogenaseaktivität wesentlich herab, diese stieg dann allerdings wiederum allmählich an, wobei sie jedoch nur noch etwa 13 % des Frühjahrsmaximums erreichte. Die Größe der Stickstofffixation in dem studierten Rotkleebestand wurde auf 110 kg/ha im Zeitraum von 215 Tagen geschätzt.

Trifolium pratense L.; Feldversuch; Nitrogenaseaktivität; symbiotische Stickstofffixation

Adresa autora:

Ing. Miloslav Šimek, CSc., Ústav půdní biologie ČSAV, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice

BIOLOGICKÁ FIXÁCIA ATMOSFERICKÉHO DUSÍKA A PLYNNÉ STRATY DUSÍKA Z PŮDY DO ATMOSFÉRY

M. Kromka

KROMKA, M. (Ústav pôdoznanectva a výživy rastlín, Bratislava): *Biologická fixácia atmosferického dusíka a plynné straty dusíka z pôdy do atmosféry*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 927-934.

Počas dvojročného obdobia bola v mesačných intervaloch meraná potenciálna aktivita fixácie dusíka a denitrifikácie vo vzorkách odoberaných z ornice čiernej karbonátovej hnojenej rôznymi organickými a minerálnymi hnojivami. Bola pozorovaná dynamika uvedených procesov počas sezóny a matematicky dokázaný vplyv typu hnojenia na intenzity týchto procesov. Na základe porovnávania laboratórnych a poľných meraní bol navrhnutý prevodový koeficient, s pomocou ktorého boli vypočítané veličiny biologicky viazaného dusíka za sledované obdobie na jednotlivých variantoch. Porovnaním úrody poľnohospodárskych plodín s váženými aritmetickými priemerami bola nájdená korelačná závislosť medzi aktivitou fixácie dusíka, denitrifikáciou a výškou úrody. azotfixácia; denitrifikácia

Otázka využitia atmosferického dusíka pre výživu rastlín, prípadne optimalizácia vzťahu minerálneho a biologického dusíka vo výžive rastlín je v centre záujmu odborníkov nielen vedy a výskumu, ale aj praxe. Nie celkom úspešné pokusy praxe s použitím mikrobiologických preparátov obsahujúcich baktérie rodu *Azotobacter* naznačili, že zvýšiť fixáciu dusíka vnesením mikroorganizmov je v prírodných ekosystémoch veľmi obtiažne. Výskumy vykonané v posledných rokoch ukazujú, že prevažná väčšina rizosférych mikroorganizmov je schopná viazať atmosferický dusík (Dart, Wani, 1982; Umarov, 1982). Preto sa ukazuje, že správnejšou cestou zvyšovania produktivity nesymbiotickej mikrobiologickej fixácie dusíka je regulácia vonkajších ekologických faktorov: vlhkosti, teploty, koncentrácie energetického i dusíka obsahujúceho substrátu. Široké použitie acetylénovej metódy merania aktivity azotfixácie (Hardy et al., 1967; Umarov, 1976) umožnilo preštudovať a upresniť množstvo dusíka fixovaného voľne žijúcimi mikroorganizmami v rôznych pôdno-klimatických podmienkach a pod rozličnými rastlinami a taktiež odhaliť vplyv jednotlivých vonkajších faktorov na jej produktivitu. V našej literatúre nie sú tieto výskumy časté (Šimek et al., 1983).

Podobná situácia je známa aj v poznaní intenzít plynných strát dusíka v dôsledku denitrifikácie a nitrifikácie. Pokusy kvantifikovať tieto straty použitím rôznych modifikácií hmotnostných a bilančných metód umožňujú urobiť si len určitú predstavu o stratách dusíka z pôdy.

Väčšie možnosti poskytuje metóda založená na využití schopností acetylénu inhibovať proces denitrifikácie v štádiu vzniku N_2O (Fedorova et al., 1973).

Cieľom tejto práce je posúdiť v podmienkach poľného pokusu aktivitu fixácie dusíka i denitrifikácie, postrehnúť sezónnu dynamiku týchto procesov a na základe ich vzájomného vzťahu zaujať stanovisko k vplyvu hnojenia na tieto procesy.

MATERIÁL A METÓDY

Výskum sa vykonával na pôdnych vzorkách odobraných z poľného pokusu založeného na čiernici karbonátovej vo Vydranoch (okr. Dunajská Streda). Ide o ilovito-hlinitú pôdu s aktuálnym pH 7,5 až 8,1. Výmenné pH je 6,8 až 7,4. V ornici je asi 5,5 % humusu. Skúmali sa tieto varianty:

1. slama + PK;
2. zelené hnojenie + PK;
3. hnojovica + PK;
4. $(NH_4)_2SO_4$ + PK;
5. kontrola bez použitia dusíkatých hnojív + PK;
6. $Ca(NO_3)_2$ + PK.

Fosfor a draslík sa aplikoval na všetkých variantoch v rovnakých dávkach (P v dávke 60 kg/ha, K v dávke 120 kg/ha). Minerálny dusík bol vnášaný v dávke 70 kg/ha, pričom 20 kg/ha bolo vnesených na jeseň a 50 kg/ha na jar. Slama a zelené hnojenie sa zaorávali v jeseni v dávke 6 t/ha a hnojovica v dávke zodpovedajúcej dávke dusíka 70 kg/ha. V agronomickom roku 1982—1983 bola na pokusných poliach pestovaná ozimná pšenica a v roku 1983—1984 ozimná repka. Zo všetkých variantov sa v mesačných intervaloch odoberali pôdne vzorky z hĺbky 5 až 15 cm, ktoré po vysušení a preosiati na site s priemerom otvorov 1 mm boli podrobené laboratórnym analýzám.

T. zv. potenciálna (maximálne možná) aktivita fixácie dusíka sa určovala podľa Umarova (1976) vo vysušených vzorkách pôdy. Principiálne ide o inkubačnú metódu, založenú na stanovení aktivity nitrogenázy acetylénovou metódou. Súčasne sa v tých istých pokusoch stanovovala aj potenciálna aktivita denitrifikácie metódou Kurakova (1983). Určenie aktuálnej poľnej aktivity mikrobiologickej fixácie dusíka sa vykonalo difúznou acetylénovou metódou (Umarov, 1976) vo vzorkách plynu odobraných priamo v teréne. Experimentálna časť sa vykonala na Katedre biológie pôd Moskovskej štátnej univerzity Lomonosova.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hlavným cieľom práce bolo stanoviť aktivitu nesymbiotickej fixácie atmosferického dusíka a intenzity denitrifikácie v podmienkach rôzne hnojených variantov poľného pokusu, založeného na čiernici karbonátovej oglejenej.

Výsledky meraní sú uvedené v tab. I a II. Z experimentálnych údajov prvého vegetačného roka (máj až september 1983) možno postrehnúť určité zákonitosti v dynamike fixácie dusíka počas roka. Začiatkom mája bola vyššia aktivita uvedených procesov na variantoch hnojených minerálnymi hnojivami. Príčinou je pravdepodobne dobrý fyziologický stav rastliny vplyvom jarného prihnojenia dusíkom, čo sa pozitívne mohlo prejavíť vo zvýšení exkrécie koreňových exsudátov, tvoriacich energetický substrát pre azotfixačné baktérie v rizosfére (Moškova, Umarov, 1979). Ďalšie merania ukázali postupné zvyšovanie potenciálnej aktivity fixácie atmosferického dusíka, a to aj na variantoch hnojených organickými hnojivami. Začiatkom augusta (1. 8.), tesne po zbere

I. Potenciálna aktivita mikrobiologickej fixácie atmosferického dusíka ($\text{kg} \cdot 10^{-9} \text{ kg}^{-1} \text{ pôdy} \cdot \text{h}^{-1}$) — Potential activity of microbiological fixation of atmospheric nitrogen ($\text{kg per } 10^9 \text{ kg of soil per hour}$)

Dátum odberu	Slama	Zelené hnojenie	Hnojovica	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Kontrola	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
16. 5. 1983	7,55	25,88	13,75	48,92	35,67	103,76
6. 6. 1983	30,10	54,61	27,76	116,80	17,66	103,78
1. 8. 1983	1482,53	2273,20	1725,12	1280,36	1451,07	938,86
5. 9. 1983	7,49	4,48	4,72	5,75	32,52	49,87
3. 10. 1983	871,70	1687,70	1534,91	461,02	880,70	507,74
24. 10. 1983	232,75	139,30	817,78	220,18	611,10	903,16
21. 11. 1983	181,31	252,12	182,65	173,33	236,36	217,03
28. 2. 1984	49,42	44,48	44,03	59,91	42,22	44,92
16. 4. 1984	1401,92	2884,72	2343,71	2664,54	2475,82	1505,26
18. 6. 1984	652,43	629,06	1469,32	2298,34	2655,56	1550,20
26. 6. 1984	465,49	435,84	539,20	211,18	—	889,68
3. 7. 1984	871,70	588,62	795,32	624,56	622,78	727,92
11. 7. 1984	957,08	1073,90	1321,90	709,94	274,08	2219,70

úrody, boli namerané maximálne hodnoty. Vo vzorkách pôdy odobraných približne mesiac po žatve (5. 9.) dochádza opätovne k značnému poklesu aktivity mikrobiologickej fixácie atmosferického dusíka.

Merania vykonané v nasledujúcom vegetačnom roku [september 1983 až júl 1984] potvrdili vysokú aktivitu počas kvitnutia rastlín a začiatkom leta vo fáze dozrievania. K zvýšeniu fixačnej aktivity dochádzalo taktiež niekoľko týždňov po výseve (3. 10. 1983).

II. Potenciálna aktivita denitrifikácie ($\text{kg} \cdot 10^{-9} \text{ kg}^{-1} \text{ pôdy} \cdot \text{h}^{-1}$) — Potential denitrification activity ($\text{kg per } 10^9 \text{ kg of soil per hour}$)

Dátum odberu	Slama	Zelené hnojenie	Hnojovica	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Kontrola	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
16. 5. 1983	18,04	13,37	19,11	13,94	18,29	13,69
6. 6. 1983	26,76	21,07	24,60	38,54	27,61	27,88
1. 8. 1983	51,11	38,54	35,81	49,20	46,41	22,96
5. 9. 1983	27,06	34,96	39,91	45,92	23,23	43,71
24. 10. 1983	538,92	903,84	216,00	295,92	408,00	480,00
21. 11. 1983	540,00	624,00	591,98	300,00	295,20	487,92
16. 4. 1984	0,00	0,00	0,00	0,00	350,40	360,00
18. 6. 1984	96,00	96,00	204,00	496,80	232,80	184,80
26. 6. 1984	444,00	444,00	204,00	288,00	535,20	550,20
3. 7. 1984	420,00	280,80	351,84	384,00	247,20	256,80
11. 7. 1984	624,00	288,80	504,00	350,40	280,80	607,20

Z porovnaní časovo si zodpovedajúcich odberov roku 1983 a 1984 vidieť, že v roku 1984 bola potenciálna aktivita fixácie atmosférického dusíka vyššia ako v roku predchádzajúcom. Určitú úlohu tu môže mať zmena poľnohospodárskej plodiny. Počas prvého vegetačného roka sa na pokusných poliach pestovala pšenica a druhý rok ozimná repka. Je možné, že tieto kultúry sa značne líšia v zložení a dynamike vylučovania látok koreňovou sústavou, a teda i vplyvom na mikrobiologické spoločenstvo pôd. Nemalý vplyv na výšku fixačnej aktivity určite majú aj rozdiely klimatických pomerov.

Určenie denitrifikačnej aktivity sa vykonalo v tých istých vzorkách pôdy ako aktivita fixácie dusíka. Tým sme štandardizovali podmienky pre meranie týchto procesov. Porovnanie výsledkov meraní denitrifikácie v priebehu roku ukázalo zvýšenú aktivitu v jesennom a letnom období. Značné zvýšenie aktivity denitrifikácie bolo pozorované po jarnej aplikácii dusičnanu vápenatého.

V mikrobiologickej literatúre posledného obdobia sa aktívne vedie diskusia o význame vzájomných vzťahov faktorov času a priestoru na zmeny počtov mikroorganizmov v pôde a taktiež na intenzitu mikrobiologických procesov. Je nutné podotknúť, že pod termínom faktor času sa obyčajne rozumie súhrn zmien fyzikálno-chemických vlastností i klimatických podmienok a taktiež časových zmien vzťahov v systéme pôda — rastlina — mikroorganizmus.

Podľa našich výsledkov, získaných použitím matematicko-štatistickej metódy dvojfaktorovej rozptylovej analýzy, faktor času vplýva na zmeny intenzity fixácie dusíka a denitrifikácie s pravdepodobnosťou $P = 0,999$ a faktor priestoru (variant hnojenia) s pravdepodobnosťou $P = 0,950$. Z uvedených faktorov možno urobiť záver, že aktivita fixácie dusíka a denitrifikácie závisí od vegetačného obdobia merania a aj od spôsobu hnojenia.

Potenciálna aktivita fixácie dusíka je ukazovateľom maximálne možnej aktivity azotifikácie v študovanej pôde. Jej určovanie sa vykonáva pri optimálnych hodnotách vlhkosti, teploty a predovšetkým po obohatení pôdy o energetický substrát (2 % glukózy z hmotnosti pôdy). Experimentálne hodnoty dosiahnuté týmto spôsobom môžu preto dosahovať až tisíce kilogramov fixovaného dusíka na hektár za vegetačné obdobie. Preto o skutočných množstvách atmosférického dusíka viazaného v procese mikrobiologickej fixácie je možné usudzovať iba na základe reálnej, aktuálnej aktivity pôdy v prírodných podmienkach. Aktivita aktuálnej (poľnej) fixácie dusíku je vypočítaná na základe meraní vykonaných v období od 27. 6. do 11. 7. 1984 na všetkých variantoch. Súčasne boli odoberané vzorky na určenie potenciálnej aktivity fixácie dusíka. Stanovovala sa tiež dynamika aktuálnej i potenciálnej aktivity v priebehu dňa, a to na var. 1 (organický dusík) a var. 2 (minerálny dusík).

Štatistickým spracovaním a vyhodnotením výsledkov sa dospelo k záverom, že potenciálna aktivita fixácie dusíka sa v priebehu dňa prakticky nemení, čo potvrdila jednofaktorová rozptylová analýza, kde determinujúcim faktorom bol čas. Naopak aktuálna aktivita azotifikácie značne kolíše počas dňa. Maximálne hodnoty boli pozorované okolo poľudnia, a to na variante s hnojením slamou $36,912 \text{ g N}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a na variante so síranom amónnym $30,215 \text{ g N}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. K večeru sa akti-

vita znižuje a približne okolo polnoci dosahuje druhé maximum (18,76 g N₂.ha⁻¹.h⁻¹ vo variante so síranom amónnym, 13,37 g N₂.ha⁻¹.h⁻¹ vo variante so slamou). Minimálna aktivita bola nameraná ráno o 8,00 h (2,387 g N₂.ha⁻¹.h⁻¹ na obidvoch variantoch).

Rozdiely medzi jednotlivými meraniami počas dňa boli dokázané rozptylovou analýzou. Pri pravdepodobnosti $P = 0,999$ boli experimentálne hodnoty F 75,28 na variante so síranom amónnym a 129,82 na variante so slamou. Tabelizovaná hodnota F pre variant so síranom amónnym je 7,00 a pre variant so slamou 6,4. Určenie aktuálnej aktivity fixácie dusíka na všetkých variantoch so súbežným určením potenciálnej aktivity ukázali, že za sledované obdobie (27. 6. až 11. 8. 1985) sa veličiny aktuálnej aktivity pohybujú od 97,85 g N₂.ha⁻¹.h⁻¹ do 4,72 g N₂.ha⁻¹.h⁻¹. Bola nájdená dostatočne tesná korelácia aktuálnej aktivity a potenciálnej aktivity ($r = 0,421 - 0,746$). Bez ohľadu na to, že sa potvrdila korelácia medzi aktuálnou a potenciálnou aktivitou azotifikácie, nedá sa uvažovať o prepočte potenciálnej aktivity na aktuálnu na základe koeficientu, v ktorom sa neberie do úvahy čas merania. Príčinou je už uvedená skutočnosť, že aktuálna aktivita azotifikácie sa značne mení počas dňa, zatiaľ čo zmeny potenciálnej aktivity sú pozorovateľné iba v dlhších časových intervaloch.

Prepočtový koeficient možno získať iba pri porovnaní denných produkcií týchto procesov, alebo vážených aritmetických priemerov aktuálnej a potenciálnej azotifikácie. Prevodový koeficient bol získaný podľa vzťahu:

$$K = \frac{A_v (akt.)}{A_v (pot.) \cdot 3} \quad [1]$$

kde: K — prevodový koeficient

$A_v (akt.)$ — vážený aritmetický priemer aktuálnej aktivity azotifikácie (g N₂.ha⁻¹.h⁻¹)

$A_v (pot.)$ — vážený aritmetický priemer potenciálnej aktivity azotifikácie (mg.10⁻³ N₂.kg⁻¹ pôdy.h⁻¹)

3 — koeficient prechodu od mg N₂.kg⁻¹ pôdy.h⁻¹ k g N₂.ha⁻¹.h⁻¹ (za predpokladu, že 1 ha ornice má hmotnosť 3.10⁶ kg)

Takto vypočítaný koeficient ($K = 0,005$) iba veľmi hrubo popisuje vzťah potenciálnej a aktuálnej aktivity fixácie dusíka, pretože sa nezohľadňujú vplyvy teploty a vlhkosti. Napriek tomu sme sa pokúsili na základe mnohonásobných meraní potenciálnej aktivity azotifikácie počas dvoch rokov vypočítať produkciu azotifikácie na sledovaných variantoch. Použili sme pri tom vzťah:

$$P_f = \frac{A_v (pot.) \cdot K \cdot B}{1000} \quad [2]$$

kde: P_f — produkcia fixácie atmosferického dusíka (kg N₂.ha⁻¹)

$A_v (pot.)$ — vážený aritmetický priemer potenciálnej aktivity azotifikácie za sledované obdobie

K — prevodový koeficient [1]

B — dĺžka sledovaného obdobia v hodinách

1000 — prepočet na kg.ha⁻¹

Po dosadení výsledkov pozorovaní sa získali hodnoty produkcie azotifikácie pre jednotlivé varianty (tab. III).

III. Množstvá dusíka viazaného za sledované obdobie (kg N₂ · ha⁻¹) — The amounts of fixed nitrogen for the period under study (kg N₂ per hour)

Variant hnojenia	16. 5. — 5. 9. 1983	5. 9. — 11. 7. 1984
Slama	8,34	17,29
Zelené hnojenie	12,80	27,82
Hnojovica	9,67	29,68
(NH ₄) ₂ SO ₄	7,66	31,55
Kontrola	8,20	34,84
Ca(NO ₃) ₂	6,20	24,40

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že najvyššia produktivita azotifikácie bola v prvom vegetačnom roku na variante so zaoraným zeleným hnojivom a minimálna pri hnojení dusičnanom vápenatým. V druhom vegetačnom roku maximálna produktivita azotifikácie bola na kontrolnom variante a minimálna na variante so slamou.

Potenciálne aktivity azotifikácie a denitrifikácie sú ukazovateľmi biologickej aktivity, ktorá môže byť teoretickým ukazovateľom potenciálnej úrodnosti pôdy. Azotifikácia a denitrifikácia sú kardinálne etapy v biogeochemickom cykle dusíka a môžu značne vplývať na hladinu tohto prvku v pôde a v závislosti s tým i na úrodu rastlín. Preto sme sa pokúsili nájsť súvislosť medzi uvedenými procesmi a úrodou poľnohospodár-

IV. Porovnanie vážených aritmetických priemerov potenciálnej aktivity fixácie dusíka (kg · 10⁻⁹ kg pôdy · h⁻¹), denitrifikácie (kg · 10⁻⁹ kg pôdy · h⁻¹) a úrody (kg · h⁻¹) — Comparison of the weighted arithmetical means of the potential nitrogen fixation activity (kg per 10⁹ kg of soil per hour), denitrification (kg per 10⁹ kg of soil per hour), and yield (kg per ha)

Rok	Variant	Fixácia N ₂	Denitrifikácia	Súčet	Úroda
1983	slama	626,28	37,17	589,11	4815
	zelené hnojenie	961,22	29,86	931,36	5210
	hnojovica	726,24	31,26	694,98	3626
	(NH ₄) ₂ SO ₄	578,18	41,02	534,16	3438
	kontrola	615,65	33,89	581,76	4316
	Ca(NO ₃) ₂	465,40	27,22	438,18	4418
	korelácia s úrodou	$r = 0,461$	$r = -0,421$	$r = 0,461$	
1983 — — 1984	slama	512,81	257,34	255,47	1020
	zelené hnojenie	824,92	295,91	529,01	1000
	hnojovica	880,15	261,03	619,12	1420
	(NH ₄) ₂ SO ₄	935,44	208,83	726,60	1760
	kontrola	1033,12	320,26	712,86	1270
	Ca(NO ₃) ₂	723,67	391,92	331,75	1010
	korelácia s úrodou	$r = 0,601$	$r = -0,671$	$r = 0,77$	

ských plodín. Výsledky sú uvedené v tab. IV. Vyplýva z nich, že počas prvého roku nebola nájdená korelácia medzi azotifikáciou a úrodou ($r = 0,46$), aj napriek tomu, že maximálna úroda (variant so zeleným hnojením) je totožná s maximálnou aktivitou a maximálna úroda (variant so síranom amónnym) je viazaná na druhý najnižší priemer potenciálnej aktivity. Zaujímavosťou je, že aj keď nebola nájdená korelácia medzi úrodou a denitrifikáciou, záporná hodnota koeficientu korelácie ($r = -0,415$) potvrdzuje nepriaznivý vplyv denitrifikácie na úrodnosť poľnohospodárskych plodín.

Rozbor závislostí úrody od potenciálnych aktivít azotifikácie a denitrifikácie počas druhého vegetačného roka (1983–1984) ukázal nízky korelačný vzťah azotifikácie s úrodou ($r = 0,599$). O niečo vyššia je korelácia medzi denitrifikáciou a úrodou, pričom je opäť charakterizovaná zápornou hodnotou koeficientu korelácie ($r = -0,67$). Porovnanie súčtov vážených aritmetických priemerov azotifikácie a denitrifikácie (denitrifikácia so záporným znamienkom) s úrodou plodín ukázalo tesnú korelačnú závislosť $r = 0,77$. Nízka korelačná závislosť týchto ukazovateľov s úrodou počas prvého roka môže byť spôsobená tým, že chýbajú výsledky vo fáze kvitnutia a taktiež z obdobia klíčenia (jeseň).

Literatúra

- DART, P. J. — WANI, S. P.: Non-symbiotic nitrogen fixation and soil fertility. Trans. 12th int. Congr. Soil Sci. Symp. Pap. I. N. Delhi India, 1982, č. 2, s. 3-27.
- FEDOROVA, R. I. — MILEHKINA, 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.
- HARDY, R. W. F. — HOLSTEN, R. D. — JACKSON, E. K. — BURNS, R. C.: The acetylene-ethylene assay for N_2 -fixation. Laboratory and field evaluation. Pl. Physiol., 43, 1967, č. 20, s. 1185-1207.
- KURAKOVA, N. G.: Vlijanie mineralnych azotnych udobrenij na azotifikirujuščuju i denitrificirujuščuju aktivnost' dernovo-podzolistoj počvy. [Kandidátská dizertácia.] Moskva 1983. MŠU.
- MOŠKOVA, M. B. — UMAROV, M. M.: Energetika nesimbiotičeskoj azotifiksacii v rizosfere. In: Energetika i uglevodnyj obmen u mikroorganizmov. Mater. vse-sojuz. Simp. Riga, 1979, s. 54.
- SÍMEK, M. — ULEHLOVÁ, B. — TESÁŘÍK, K.: Vliv některých ekologických a agronomických faktorů na fixaci atmosférického dusíku v lučních ekosystémech. Rostl. Výr., 29, 1983, č. 7, s. 673-678.
- UMAROV, M. M.: Acetylenovij metod izučenia azotifiksacii v počvenno mikrobiologičeskich issledovanijach. Počvovedenije, 1976, č. 11, s. 119-123.
- UMAROV, M. M.: Značenie nesimbiotičeskoj azotifiksacii v balanse azota v počve. Izv. AN SSSR, Ser. Biol., 1, 1982, s. 92-105.

Došlo dňa 2. 10. 1986

КРОМКА, М. (Научно-исследовательский институт почвоведения и питания растений, Братислава): Биологическая фиксация атмосферного азота и газообразные потери азота уходящие из почвы в атмосферу. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 927-934.

В течении двухлетнего периода в ежемесячных интервалах измеряли потенциальную активность азотфиксации и денитрификации в образцах отобранных из пахотного слоя карбонатного чернозема, удобренного разными органическими и минеральными удобрениями. Изучалась динамика приведенных процессов в ходе сезона и математически доказанное влияние вида удобрения на интенсивности данных процессов. На основе сравнения лабораторных и полевых измерений предложили коэффициенты перевода,

при помощи которых были рассчитаны величины биологической азотфиксации за изучаемый период у отдельных вариантов. Сравнением урожая сельскохозяйственных культур со взвешенными арифметическими средними выявили корреляционную зависимость между активностью азотфиксации, денитрификацией и величиной урожая.

азотфиксация; денитрификация

KROMKA, M. (Research Institute of Soil Science and Plant Nutrition, Bratislava): *Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen and the Gaseous Losses from the Soil to the Air*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 927-934.

Potential nitrogen fixation activity and denitrification in topsoil samples taken from carbonate chernozem dressed with various organic and mineral fertilizers were measured in monthly intervals for two years. The changes in these processes during the season were monitored and the effect of fertilization on the intensities of the processes was demonstrated mathematically. A conversion coefficient was proposed after comparing the laboratory and field measurements and the quantities of biologically fixed nitrogen were calculated by means of the coefficient for every variant for the period under study. The actual yields of field crops were compared with the weighted arithmetical means and the correlations between the nitrogen fixation activity, denitrification, and yield were determined on the basis of this comparison.

nitrogen fixation; denitrification

KROMKA, M. (Forschungsinstitut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bratislava): *Biologische Fixation des atmosphärischen Stickstoffs und Stickstoffgasverluste aus dem Boden in die Atmosphäre*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 927-934.

Im Verlauf einer zweijährigen Periode wurde in monatlichen Intervallen die potentielle Aktivität der Stickstofffixation sowie die Denitrifikation in aus der Ackerkrume von mit verschiedenen organischen und mineralischen Düngemitteln gedüngter Karbonat-Schwarzerde entnommenen Proben gemessen. Es wurde die Dynamik der angeführten Prozesse im Laufe der Saison beobachtet und anhand mathematischer Methoden der Einfluß des Düngungstyps auf die Intensität dieser Prozesse nachgewiesen. Aufgrund von Vergleichen der Labor- und der Feldmessungen wurde ein Umformungskoeffizient erarbeitet, mit dessen Hilfe die Meßgröße des biologisch gebundenen Stickstoffs während der Untersuchungsperiode bei den einzelnen Varianten errechnet wurde. Durch Vergleich der Erträge landwirtschaftlicher Kulturen mit gewogenen arithmetischen Mittelwerten wurde eine Korrelationsbeziehung zwischen der Aktivität der Stickstofffixation, der Denitrifikation und der Ertragshöhe gefunden.

Stickstofffixation; Denitrifikation

Adresa autora:

RNDr. Miroslav K r o m k a, Výskumné centrum pôdnej úrodnosti, Ústav pôdoznavectva a výživy rastlín, Rožňavská 23, 823 69 Bratislava

K. Kubista, M. Klíma, I. Rychlý

KUBISTA, K. — KLÍMA, M. — RYCHLÝ, I. (Vysoká škola zemědělská, Praha): *Amonifikace a nitrifikace v dlouhodobě zavlažované půdě*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 935-942.

Dvacetileté zavlažování písčitohlinité půdy v polním pokusu v Mělníku - Hoříně vysokými dávkami vody k plodinám pětihonného osevního postupu mělo pozitivní vliv na výnosy vojtěšky, pšenice a cukrovky. Mikrobní populace půdy byla významně ovlivněna. Zavlažování intenzifikovalo mineralizaci. V posledních třech letech dvacetiletého systematického zavlažování jsme zjistili sníženou intenzitu a sníženou potenciální schopnost amonifikace a nitrifikace. Příčinou je zřejmě zjištěné zhutnění půdy, vyjádřené vyšší objemovou hmotností redukovanou, se snížením nasáklivosti a maximální vodní kapacity.

hnědozem černozemní; písčitohlinitá půda; zavlažování; mikrobní populace půdy; amonifikace; nitrifikace; objemová hmotnost redukována

Závlahy mají významnou stabilizační a intenzifikační úlohu. Omezují výraznou závislost tvorby výnosů zemědělských plodin na přirozených srážkách. Umožňují lépe využít biologický potenciál pěstovaných druhů a odrůd (Slavík, 1984). Při vysokém stupni agrotechniky a chemizace je pozitivní ovlivnění vodního režimu závlahou v kritickém období vývoje rostlin rozhodujícím faktorem. Závlahy ovlivňují i stupeň využití energie vložené do systému v agrochemikáliích, musí být využívány také ekonomicky, tj. v období, kdy poskytnou nejvyšší efekt, a v dávkách, které nepovedou k nevratné translokaci živin a koloidů. Dodatečně přidaná voda (podle potřeby rostlin) optimalizuje podmínky nejen pro rostliny, ale i pro mikroorganismy.

Závlahová voda se přidává v období s vyšší teplotou, je proto intenzifikace mikrobiálních procesů přímým důsledkem úpravy vlhkosti. Pozitivně je ovlivněna zejména mineralizace, imobilizace a oxidace. Zvýšenou mineralizací organických látek jsme dokázali v zavlažované půdě zjištěním vyšší koncentrace CO_2 v půdním vzduchu při současném zjištění sníženého množství C_{ox} (Kubista et al., 1986).

Slavík (1986) uvádí, že vliv závlah na výnosy je jednoznačně pozitivní, i když zrno ze zavlažovaných porostů pšenice má nižší obsah bílkovin. Šimon (1977) ve shodě s dalšími autory je přesvědčen, že příčinou omezení biosyntézy bílkovin ve vlhkém období tvorby zrna je snížený přísun dusíku z nadměrně zředěného půdního roztoku.

Momentální množství minerálního dusíku v půdě je závislé na mnoha činitelích: na množství a kvalitě humusu, posklizňových zbytků, kořenových výměšků i statkových hnojiv. Významnou úlohu zde mají mikrobiální pochody, odběr půdního roztoku rostlinami a v neposlední řadě

i ekologické podmínky (Vinšová, 1986; Kubista et al., 1986; Leitgeb, Klíma, 1987).

Cílem naší práce je zhodnotit vliv dvacetiletého systematického zavlažování podle graficko-analytické metody, kterou vypracoval Kudrna (1968).

MATERIÁL A METODY

V letech 1985 až 1987 jsme podle graficko-analytické metody sledovali vliv dlouhodobého systematického zavlažování na mikrobiální přeměny dusíku v rámci pětihoňného osevního postupu. V Mělníku-Hořině na experimentální závlahové základně katedry zemědělských soustav VŠZ, Praha byl dodržován tento osevní postup: vojtěška, vojtěška, pšenice ozimá, cukrovka, ječmen jarní (Zpráva, 1985, 1986, 1987).

Pokusné pozemky leží v terezínsko-kolínském úvalu, půda je mírně humózní, hlinitá až písčito-hlinitá, hloubka ornice 29 až 34 cm. Matečným substrátem je spraš na šterkopískové terase. Reakce půdy je neutrální až slabě alkalická, genetický půdní typ je hnědozem černozemní, místy illimerizovaná. Hladina podzemní vody je v hloubce 4 m. Zájmové území je v oblasti s teplým a suchým klimatem a s mírnou zimou. Meteorologické podmínky jsou uvedeny v tab. I.

Plodiny osevního postupu byly pěstovány za použití běžné racionální agrotechniky, porost vojtěšky byl zakládán bez krycí plodiny. Závlahový režim byl veden od roku 1966 do roku 1987. Počet a velikost závlahových dávek k jednotlivým plodinám po měsících je uveden v tab. II. Jednotlivé hony mají velikost ca 0,8 ha a jsou rozděleny na dvě základní skupiny variant (zavlažovanou a nezavlažovanou) označených podle pěstovaných plodin:

— vojtěška první rok	— zavlažovaná	var. 1
	— nezavlažovaná	var. 2
— vojtěška druhý rok	— zavlažovaná	var. 3
	— nezavlažovaná	var. 4
— pšenice ozimá	— zavlažovaná	var. 5
	— nezavlažovaná	var. 6
— cukrovka	— zavlažovaná	var. 7
	— nezavlažovaná	var. 8
— ječmen jarní	— zavlažovaná	var. 9
	— nezavlažovaná	var. 10

I. Základní meteorologické údaje — Basic meteorological data

		Rok	Měsíce						Úhrn / denní průměr
			4.	5.	6.	7.	8.	9.	
Srážky (mm)	normál	1901 – 1950	38	50	62	72	61	41	324
		1985	19	49	43	70	89	22	293
		1986	15	116	24	51	96	25	327
		1987	37	72	97	81	90	41	419
Teploty (°C)	normál	1901 – 1950	8,6	14,0	16,8	18,6	17,9	14,1	15,0
		1985	9,3	15,6	15,3	19,1	18,7	13,8	15,3
		1986	9,7	16,6	17,9	18,1	17,9	12,9	15,4
		1987	9,8	12,2	16,1	19,0	16,5	15,2	14,8

Plodina	Rok	Měsíce						Celkem
		4.	5.	6.	7.	8.	9.	
Vojtěška 1.	1985			61	81			142
	1986		2/78	2/72	30	37		217
	1987				31	25		56
Vojtěška 2.	1985		83			81		164
	1986		33	39	59			131
	1987				2/40			40
Pšenice	1985		2/60	2/69				129
	1986		2/94	29				123
	1987		50					50
Cukrovka	1985			30	41			71
	1986			31	3/84	2/39		154
	1987				3/75	38		110
Ječmen	1985		2/93	2/112	39			234
	1986		2/51	49				100
	1987							0

Mikrobní přeměny dusíku jsme sledovali testy amonifikace a nitrifikace (Leitgeb et al., 1983) v uspořádání: A — aktuální, K — po inkubaci za optimálních teplotních a aeračních podmínek a za konstantní vlhkosti. Potenciální amonifikace (P) byla zjišťována po inkubaci s přidavkem peptonu, potenciální nitrifikace (N) byla zjišťována po inkubaci vzorku obohaceném dusíkem v amonné formě $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Obě sledované formy dusíku byly vyjadřovány jako obsah dusíku v mg na 100 g suché zeminy. Vzorky půdy byly odebírány zpravidla desetkrát za vegetační období (od března do října). Odběr z orniční vrstvy byl proveden v dopoledních hodinách a tentýž den odpoledne v čerstvých vzorcích byl proveden mikrobiologický, biochemický a chemický rozbor. V tabulkách jsou uvedeny průměrné roční hodnoty.

VÝSLEDKY

Test amonifikace ukázal, že aktuální obsah amonného dusíku (tab. III) byl v dlouhodobě zavlažované půdě průkazně o 8 % nižší. Ve vzorcích po inkubaci (K) byl obsah amonného dusíku nižší ve většině případů u obou variant, ale ve variantě dlouhodobě zavlažované byl tento pokles větší. Rozdíl v obsahu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ aktuálního a ve vzorku po inkubaci činil v průměru za poslední tři roky v celém osevním postupu (K-A) 0,18 mg, což je o 90 % nižší intenzita amonifikace v dlouhodobě zavlažované půdě. Jednotlivá léta i plodiny ovlivnily amonifikaci kvantitativně, ale směr působení závlah, tj. snížení intenzity amonifikace, je jednoznačný.

Velmi výrazně se projevilo dlouhodobé zavlažování v potenciální amonifikaci (tab. V). V průměru za poslední tři roky v rámci celého osevního postupu byla potenciální amonifikace snížena o 15 %.

III. Amonifikace (průměrné roční hodnoty mg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ na 100 g suché zeminy) — Ammonification (average annual values of mg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ per 100 g of dry soil)

Va- rianta	Rok	Pod závlahou			Va- rianta	Rok	Bez závlahy		
		A	K	(K-A)			A	K	(K-A)
1	1985	9,75	8,72	-1,03	2	1985	10,39	8,96	-1,43
	1986	8,87	8,24	-0,63		1986	8,74	8,84	+0,10
	1987	9,27	8,75	-0,52		1987	9,76	10,65	+0,89
	$\bar{x}$	9,30	8,57	-0,73		$\bar{x}$	9,63	9,48	-0,15
3	1985	8,83	8,23	-0,60	4	1985	10,56	9,17	-1,38
	1986	9,16	7,81	-1,35		1986	9,65	9,25	-0,40
	1987	10,35	10,54	+0,19		1987	10,42	10,55	+0,13
	$\bar{x}$	9,45	8,86	-0,59		$\bar{x}$	10,21	9,66	-0,55
5	1985	9,39	8,33	-1,06	6	1985	10,93	9,81	-1,02
	1986	7,43	7,86	+0,43		1986	8,52	9,08	+0,56
	1987	10,66	10,66	0,00		1987	10,81	10,66	-0,15
	$\bar{x}$	9,16	8,95	-0,21		$\bar{x}$	10,09	9,85	-0,24
7	1985	8,58	7,91	-0,67	8	1985	9,77	8,66	-1,11
	1986	8,89	9,12	+0,23		1986	10,06	9,90	-0,16
	1987	10,04	9,72	-0,32		1987	11,17	11,37	+0,20
	$\bar{x}$	9,17	8,92	-0,25		$\bar{x}$	10,33	9,98	-0,35
9	1985	9,38	8,49	-0,89	10	1985	9,22	8,86	-0,36
	1986	7,07	7,40	+0,33		1986	7,66	8,58	+0,92
	1987	10,22	10,34	+0,12		1987	12,08	12,36	+0,12
	$\bar{x}$	8,89	8,74	-0,15		$\bar{x}$	9,65	9,93	+0,28
$\bar{x}$		9,19	8,81	-0,38	$\bar{x}$		9,98	9,78	+0,20

A — aktuální, K — po inkubaci, (K-A) intenzita

Nitrifikace byla rovněž výrazně ovlivněna. Aktuální množství nitrátů [tab. IV] bylo na zavlažovaných parcelách sníženo v průměru o 5 %. Rovněž po inkubaci vzorků (K) byl obsah nitrátů nižší o 6 %. Intenzita nitrifikace byla na zavlažovaných parcelách v rámci celého osevního postupu snížena o 7 %. Nejvýrazněji se dlouhodobé zavlažování projevilo v potenciální nitrifikaci, která byla vysoce průkazně snížena o 55 % [tab. VI].

DISKUSE

Dlouhodobé zavlažování podle GAM umožňovalo po dobu 20 let získávat stabilní vysoké výnosy plodin v pětihoňném osevním postupu. Tento osevní postup umožnil aplikovat vysoké jednorázové dávky vody, kte-

IV. Nitrifikace (průměrné roční hodnoty mg NO₃⁻-N na 100 g suché zeminy) —
Nitrification (average annual values of mg NO₃⁻-N per 100 g of dry soil)

Va- rianta	Rok	Pod závlahou			Va- rianta	Rok	Bez závlahy		
		A	K	(K-A)			A	K	(K-A)
1	1985	1,57	3,02	+1,45	2	1985	1,83	3,23	+1,40
	1987	0,62	1,02	+0,59		1987	0,27	1,02	+0,75
	$\bar{x}$	1,12	2,17	+1,05		$\bar{x}$	1,09	2,19	+1,10
3	1985	1,34	3,19	+1,85	4	1985	1,30	3,06	+1,76
	1987	0,22	0,72	+0,50		1987	0,24	0,91	+0,67
	$\bar{x}$	0,78	1,95	+1,21		$\bar{x}$	0,77	1,98	+1,21
5	1985	1,11	2,87	+1,76	6	1985	1,48	3,23	+1,75
	1987	0,45	1,19	+0,74		1987	0,36	0,97	+0,61
	$\bar{x}$	0,78	2,03	+1,25		$\bar{x}$	0,92	2,10	+1,18
7	1985	1,73	3,01	+1,28	8	1985	1,86	3,19	+1,33
	1987	0,40	1,00	+0,60		1987	0,56	1,25	+0,69
	$\bar{x}$	1,06	2,00	+0,94		$\bar{x}$	1,21	2,22	+1,01
9	1985	1,29	2,49	+1,20	10	1985	1,17	2,79	+1,62
	1987	0,40	1,01	+0,61		1987	0,68	1,37	+0,69
	$\bar{x}$	0,84	1,72	+0,88		$\bar{x}$	0,92	2,08	+1,16
$\bar{x}$		0,92	1,97	+1,05	$\bar{x}$		0,98	2,11	+1,13

A — aktuální, K — po inkubaci, (K-A) intenzita

V. Potenciální amonifikace (mg NH₄⁺-N na 100 g suché zeminy) — Potential
ammonification (mg NH₄⁺-N per 100 g of dry soil)

Va- rianta	Pod závlahou				Va- rianta	Bez závlahy			
	roky					roky			
	1985	1986	1987	$\bar{x}$		1985	1986	1987	$\bar{x}$
1	175,5	195,9	167,7	179,7	2	233,6	205,9	191,4	210,3
3	187,5	171,5	171,6	176,9	4	243,4	195,9	181,5	206,9
5	171,1	158,0	160,6	188,5	6	258,6	212,9	187,7	219,7
7	225,2	179,2	161,0	188,5	8	263,4	217,8	177,2	219,4
9	232,6	199,3	177,7	203,2	10	255,1	198,3	186,0	213,1
$\bar{x}$	198,4	180,8	167,7	182,3	$\bar{x}$	250,8	204,2	185,8	213,6
85,2 %					100 %				

po inkubaci s přidavkem peptonu

Varianta	Pod závlahou			Varianta	Bez závlahy		
	roky				roky		
	1985	1987	$\bar{x}$		1985	1987	$\bar{x}$
1	5,40	4,11	4,76	2	6,08	8,72	7,40
3	4,71	2,84	3,77	4	7,31	9,70	8,50
5	4,99	2,23	3,61	6	8,56	13,51	11,03
7	5,04	3,74	4,39	8	7,92	9,74	8,83
9	4,93	4,34	4,13	10	7,01	12,79	9,90
$\bar{x}$	5,01	3,45	4,13	$\bar{x}$	7,38	10,89	9,13
45,24 %				100 %			

po inkubaci s přidavkem $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

ré svojí intenzitou (za 7 h až 84 mm) odpovídaly přívalovému charakteru srážek. Celkové množství vody aplikované v roce 1985 k ječmeni činilo 234 mm za tři měsíce, a tak převýšilo o 50 mm dlouholetý průměr srážek v tomto období. Právě u ječmene vedly tyto dávky vody, vedle normálních srážek, ke snížení výnosu. U ostatních plodin byla odezva na zavlažování podle GAM vysoce pozitivní. Přírůstek výnosu činil u vojtěšky 40 až 52 %, u pšenice 20 % a u cukrovky 36 %.

Celkově pozitivní vývoj výnosů po dvacetiletém zavlažování by mohl vést k uspokojení. Přesto jsme zjistili řadu údajů svědčících o změnách podmínek života mikrobní populace v dlouhodobě zavlažované půdě. Bylo to zejména zjištění úbytku C_{ox} a zvýšení koncentrace CO_2 v půdním vzduchu zavlažované půdy (Kubista et al., 1986) a snížení dehydrogenázové aktivity (Kubista, 1984). Četnost mikrobního osídlení zavlažované půdy, vyjádřená uhlíkem mikrobní biomasy, byla vysoce průkazně o 24 % snížena (Růžek, 1986).

Snížení intenzity amonifikace a nitrifikace i snížení potenciální amonifikace a nitrifikace je dalším dokladem negativního působení, či degradace půdy dlouhodobým zavlažováním.

Z rozboru hydrofyzikálních charakteristik z roku 1986 (Zpráva, 1986) vyplynuly statisticky vysoce průkazné rozdíly mezi zavlažovanou a nezavlažovanou půdou v neprospěch zavlažované půdy. Objemová hmotnost redukovaná se zvýšila v průměru celého osevního postupu ve vrstvě 5 až 8 cm o 5,4 % (na 1,437 g/cm³) a ve vrstvě 15 až 18 cm o 4,6 % (na 1,48 g/cm³). Takové zhuštění spolu se snížením nasáklivosti a maximální vodní kapacity i úbytek C_{ox} jako důsledek dlouhodobého zavlažování jsou zřejmě příčinou pozorovaných změn činnosti mikrobní populace půdy. Vinšová (1986) zjistila i po jednorázovém, experimentálně vyvolaném zhuštění půdy depresivní vliv na nitrifikaci, což je v plném souladu s našimi výsledky.

Literatura

- KUBISTA, K.: Koncentrace CO₂ v půdním vzduchu jako indikátor mikrobiální aktivity a intenzity mikrobiální mineralizace půdní organické hmoty. [Dílčí závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1984, 25 s.
- KUBISTA, K. a kol.: Dynamika minerálního dusíku v půdě. In: Mater. ogólnopolsk. Symp. — Mikroorganizmy a produktywnosc biologiczna gleg. Krakow-Rytro, 1986, 28 s.
- KUDRNA, K.: Graphisch-analytische Methode zur Festlegung und Steuerung einer differenzierten Beregnung bei Grossflächenberegnungssystem. Z. Landwirtsch., 9, 1968.
- LEITGEB, S. a kol.: Cvičení z mikrobiologie. Praha, VŠZ 1983.
- LEITGEB, S. — KLÍMA, M.: Význam půdní vlhkosti pro činnost půdních mikroorganismů. 2. Amonifikace a nitrifikace. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Praha, Řada A, 46, 1987, s. 129-143.
- RŮŽEK, L.: Hladina uhlíku mikrobiální biomasy v orničním profilu jako ukazatel rozsahu biologické degradace zavlažovaných půd. Praha, VŠZ, 1986, 15 s.
- SLAVÍK, L.: Úloha obilovin v procesu exploatace závlahových soustav. Praha, VŠZ 1984.
- SLAVÍK, L.: The criteria of evaluation of the requirements and exploitation effectiveness of irrigation systems. Scientia Agric. bohemoslov., 18, 1986, s. 255-266.
- ŠIMON, J.: Působení závlahy a hnojení dusíkem na jakost hlavních plodin. [Závěrečná zpráva.] Praha VÚRV, 1977.
- VINŠOVÁ, M.: Vliv zhutnění na biologickou aktivitu půdy. Rostl. Výr., 32, 1986, č. 5, s. 449-457.
- ZPRÁVA o činnosti Experimentální závlahové základny KZS v Hoříně u Mělníka a přehled výsledků výzkumných prací za roky 1985, 1986 a 1987.

Došlo dne 25. 3. 1988

КУБИСТА, К. — КЛИМА, М. — РЫХЛЫ, И. (Сельскохозяйственный институт, Прага): Аммонификация и нитрификация в длительно орошаемой почве. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 935-942.

Двадцатилетнее орошение песчанисто-глинистой почвы в полевом опыте вблизи Мельника-Горжине с высокими нормами полива под культуры в пятипольном севообороте имело положительное влияние на урожаи люцерны, пшеницы и сахарной свеклы. Популяция микробов почвы была под значительным влиянием. Орошение интенсифицировало минерализацию. За последние три года двадцатилетнего систематического орошения установили пониженную интенсивность и пониженную потенциальную способность аммонификации и нитрификации. Причиной наверно является установленное уплотнение почвы, выраженное повышенной редуцированной объемной массой, с понижением влагоемкости и максимальной влагоемкости.

бурозем черноземная; песчанисто-глинистая почва; орошение; популяция микробов почвы; аммонификация; нитрификация; редуцированная объемная масса

KUBISTA, K. — KLÍMA, M. — RYCHLÝ, I. (University of Agriculture, Praha): Ammonification and Nitrification in Soil Irrigated for a Long Time. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 935-942.

Twenty-year irrigation of sandy loam soil with high amounts of water has had a favourable influence on the yields of lucerne, wheat and sugar beet in a field trial conducted at Mělník - Hořín with the rotation of five crops. Irrigation had a significant influence on the microbial populations in the soil. Irrigation also intensified mineralization. A decrease in the ammonification and nitrification rates and in the potential nitrification and ammonification capacity has been recorded in the last three years of the two decades of systematic irrigation. This decrease is probably due to soil compaction (expressed by a higher reduced volume weight), accompanied by a decrease in absorptivity and in the maximum water capacity.

grey-brown podzolic soil; chernozem soil; sandy loam; irrigation; microbial populations in soil; ammonification; nitrification; reduced volume weight

KUBISTA, K. — KLÍMA, M. — RYCHLÝ, I. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha): *Ammonisation und Nitrifikation in langfristig bewässertem Boden*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 935-942.

Eine zwanzig Jahre hindurch vorgenommene Bewässerung von sandigem Lehm-boden in einem Feldversuch in Mělník - Hořín, mit hohen Wassergaben zu Kulturen einer Fünffelderfolge, erwies positiven Einfluß auf die Luzerne-, Weizen- und Zuckerrüben-erträge. Die mikrobielle Population im Boden war stark beeinflußt; die Bewässerung intensiviert die Mineralisierung. In den letzten drei Jahren der zwanzigjährigen systematischen Bewässerung stellten wir eine verminderte Intensität und eine herabgesetzte potentielle Fähigkeit der Ammonisierung und Nitrifikation fest. Die Ursache liegt anscheinend in der festgestellten hohen Bodenverdichtung, die durch eine höhere reduzierte Volumenmasse, mit Verminderung des Einsickervermögens und der maximalen Feldkapazität, zum Ausdruck kommt.

Braunerde; Schwarzerde; sandiger Lehm-boden; Bewässerung; mikrobielle Boden-population; Ammonisierung; Nitrifikation; reduzierte Volumenmasse

Adresa autorů:

Doc. ing. Karel Kubista, CSc., ing. Miloš Klíma, CSc., ing. Ivan Rychlý,
Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 - Suchbát

J. Ivanič, V. Pačuta

IVANIČ, J. — PAČUTA, V. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Zmeny v obsahu vybraných frakcií dusíka v pôde počas vegetácie ozimnej pšenice*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 943-949.

V stacionárnom pokuse na hlinitej hnedozemi na spraši sme sledovali vplyv rôznej intenzity hnojenia na zmeny v obsahu anorganických, hydrolyzovateľných a nehydrolyzovateľných frakcií dusíka v hĺbke 0 až 0,3 m a 0,3 až 0,6 m počas vegetácie ozimnej pšenice. Dosiahnuté výsledky umožnili kvantifikovať podiel sledovaných frakcií dusíka na jeho celkovom obsahu v pôde. Počas vegetácie došlo k najvýznamnejším zmenám v závislosti od dávok dusíka na prihnojovanie a odberu dusíka rastlinami v obsahu anorganických frakcií dusíka a N-aminokyselinového v oboch sledovaných hĺbkach.

stacionárny pokus; ozimná pšenica; hnojenie dusíkom; frakcie dusíka

Dusík sa v pôde nachádza vo forme organických a minerálnych zlúčenín. V orničnej vrstve ČSSR sa jeho celkový obsah pohybuje v hodnotách 0,1 až 0,2 % — do 0,5 % (Ivanič et al., 1979). Po stránke kvalitatívnej štruktúry pôdneho dusíka sa jeho prevažná časť nachádza v organických väzbách (95 až 98 %) a len malé percento z celkovej zásoby je v minerálnych zlúčeninách, ktoré sú rastlinám prístupné.

Zmeny v obsahu, formách a dynamike dusíka v pôde závisia nielen od množstva aplikovaného dusíka, ale aj od vlastností pôdy, ktoré podmieňujú mikrobiologické procesy mineralizácie a imobilizácie dusíka v pôde. Organická hmota pôdy a produkty jej rozkladu ako aj organickou hmotou ovplyvňovaná mikrobiálna činnosť pôd sa premietajú do dynamiky dusíka v pôde a jeho prístupnosti pre rastliny. Rozklad organické, hmoty možno aktivovať dodaním minerálneho dusíka alebo ľahko rozložiteľných uhlíkatých látok. V literatúre sa tento stimulačný vplyv označuje ako tzv. priming effect. Tento jav sa vysvetľuje tým, že dodané ľahko rozložiteľné organické látky umožňujú intenzívny rozvoj mladej populácie mikroorganizmov, ktorá nabúrava pôdnu organickú hmotu (Freytag, 1971; Iljaletdinov, 1976; Bielek, 1984).

V posledných rokoch je otázkam premien dusíka v pôde a možnostiam usmernenia niektorých procesov premien dusíka venovaná veľká pozornosť.

Frakcionáciou dusíka v pôde sa v ČSSR zaoberali viacerí autori (Sabiň, 1979; Vostál et al., 1980; Masaryk, Ivanič, 1982). Naším príspevkom chceme prispieť k týmto sledovaniám.

MATERIÁL A METÓDY

Problematika bola riešená v podmienkach poľného hnojárskeho pokusu s ozimou pšenicou, odrodou 'Košíčka' v rokoch 1981 až 1984. Pôda pokusného pozemku bola hlinitá hnedozem na spraši, lokalita Horná Malanta. Agrochemické vlastnosti pôdy v jednotlivých pokusných rokoch sú uvedené v tab. I.

V pokuse boli tieto varianty hnojenia (v kg/ha):

- A — nehnojená kontrola;
- B — 110 kg N + 34,91 kg P + 91,32 kg K;
- C — 146 kg N + 47,13 kg P + 121,20 kg K;
- D — 180 kg N + 61,10 kg P + 149,43 kg K;
- H — 146 kg N + 47,13 kg P + 121,20 kg K + 40 kg S;
- B+Ca — 110 kg N + 34,91 kg P + 91,32 kg K + 400 kg CaCO₃.

Opakovanie variantov bolo štvornásobné. Pokus bol založený šachovnicovou metódou. Ku hnojeniu boli použité hnojivá: liadok amónny s vápencom, superfosfát, draselná soľ, elementárna síra a vápenec.

Technika hnojenia bola: dve tretiny dávky fosforu, draslíka a vápenec pred orbou, jedna tretina dávky dusíka, fosforu, draslíka a celá dávka síry pred sejbou, jedna tretina dávky dusíka medzi druhou a tretou fázou a jedna tretina vo fáze podľa Feekesa.

Pre sledovanie dynamiky vybraných frakcií dusíka v pôde sme odoberali vzorky pôdy v termínoch: mesiac po založení pokusu, vo fáze piateho listku, vo fáze druhého kolienka a po zbere. Vzorky boli odoberané z dvoch hĺbok od 0 až 0,3 m a 0,3 až 0,6 m. Po odbere boli vzorky vysušené pri teplote 20 °C a zhomogenizované.

V takto upravených vzorkách boli stanovené tieto frakcie dusíka:

- amoniakálny (kolorimetricky s Nesslerovým činidlom);
- dusičnanový (kolorimetricky s kyselinou fenoldisulfonovou);
- celkový dusík (metódou podľa Jodlbauera);
- hydrolyzovateľný dusík (kyslou hydrolyzou podľa Bremnera);

I. Rozbor pôdy pokusného pozemku pred založením pokusu s ozimou pšenicou (1981—1982, 1982—1983 a 1983—1984) — Soil analysis in the experimental plot before the trial with winter wheat (1981—1982, 1982—1983, and 1983—1984)

Rozbor	Jednotka	1981— —1982	1982— —1983	1983— —1984
pH	mg.kg ⁻¹	5,2	6,3	5,3
N — prístupný (Pázler)	mg.kg ⁻¹	17,1	24,4	24,9
P — prístupný (Egner)	mg.kg ⁻¹	22,3	20,2	35,8
K — prístupný (Schachtschabel)	mg.kg ⁻¹	261,0	315,0	226,0
Mg — prístupný (Schachtschabel)	mg.kg ⁻¹	212,0	176,0	200,0
S — prístupná (Schoefield)	mg.kg ⁻¹	27,5	40,0	16,2
NH ₄ ⁺ -N	mg.kg ⁻¹	29,5	23,7	35,5
NO ₃ ⁻ -N	mg.kg ⁻¹	8,3	5,0	6,2
N _{celkový} (Jodlbauer)	mg.kg ⁻¹	1205,2	1193,8	1380,5
N _{hydrolyzovateľný} (kyslá hydrolyza podľa Bremnera)	mg.kg ⁻¹	790,5	881,7	999,7
N _{amidický} (kyslá hydrolyza podľa Bremnera)	mg.kg ⁻¹	350,7	366,6	447,2
N _{aminokyselinový} (kyslá hydrolyza podľa Bremnera)	mg.kg ⁻¹	176,5	182,1	184,5
N _{nehydrolyzovateľný}		376,9	283,4	339,1
% humusu podľa Ťurina		2,2	2,2	1,9

1. amidický dusík (kyslou hydrolýzou podľa Bremnera);
2. aminokyselinový dusík (kyslou hydrolýzou podľa Bremnera).

Obsah nehydrolyzovateľného dusíka bol stanovený výpočtom. Dosiahnuté výsledky boli vyhodnotené analýzou rozptylu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsah celkového dusíka (N_t), ako aj jeho jednotlivých frakcií v jednotlivých rokoch pokusu boli rozdielne, ako to vyplýva z údajov tab. II, a boli v podstatnej miere závislé od celkového obsahu dusíka v pôde pokusných pozemkov v sledovaných rokoch.

Obsah všetkých sledovaných frakcií bol vyšší v hĺbke 0 až 0,3 m ako v hĺbke 0,3 až 0,6 m vo všetkých pokusných rokoch. Podobné výsledky získali aj Vostál et al. [1980] a Sabih [1979].

V priemere troch pokusných rokov v hĺbke 0 až 0,3 m bol takýto obsah jednotlivých frakcií dusíka a ich relatívne zastúpenie na obsahu celkového dusíka:

	NH_4^+-N	NO_3^--N	$N_{anorganický}$	$N_{hydrolyzo-vateľný}$	$N_{amidický}$	$N_{aminokyse-linový}$	$N_{nehydro-lyzovateľný}$	$N_{celkový}$
mg. kg ⁻¹	25	11	36	972	420	200	358	1366
v % k N_t	1,83	0,81	2,64	71,16	30,75	14,64	26,20	100

Z uvedeného vyplýva, že naše výsledky získané v podmienkach poľného stacionárneho pokusu na hlinitej hnedomozemi na spraši sa v podstate zhodujú s výsledkami, ktoré uviedli Spitzlová, Garz [1974] a Vostál et al. [1980].

V súlade s uvedenými autormi sa dusík v pôde nachádzal prevažne v organických frakciách, ktoré sa podieľali na N_t 97,36 %. Z organických frakcií sa hydrolyzovateľný dusík podieľal na N_t 71,16 % a nehydrolyzovateľný dusík 26,20 %, t. j. podiel nehydrolyzovateľnej a hydrolyzovateľnej frakcie bol 1 : 2,7, čo je v súlade s výsledkami, ktoré uvádza Sabih [1979].

V rámci hydrolyzovateľného dusíka bol výrazne zastúpený amidický dusík, ktorý sa podieľal až 30,75 % na N_t . Dusík aminokyselinový sa podieľal na N_t 14,64 %. Na celkovom obsahu anorganického dusíka (N_{an}) v hĺbke 0 až 0,3 m sa podieľal NH_4^+-N 69,32 % a NO_3^--N 30,68 %.

V hĺbke 0,2 až 0,6 m v priestore troch pokusných rokov bol takýto priemerný obsah sledovaných frakcií:

	NH_4^+-N	NO_3^--N	$N_{anorganický}$	$N_{hydrolyzo-vateľný}$	$N_{amidický}$	$N_{aminokyse-linový}$	$N_{nehydro-lyzovateľný}$	$N_{celkový}$
mg. kg ⁻¹	10	3	13	555	281	81	272	840
v % k N_t	1,19	0,36	1,55	66,07	33,45	9,64	32,38	100

Na rozdiel od hĺbky 0 až 0,3 m bola v hĺbke 0,3 až 0,6 m distribúcia dusíka do jednotlivých frakcií odlišná. Obsah N_t bol 1,63krát nižší a na

II. Priemerný obsah sledovaných frakcií dusíka a ich podiel na obsahu celkového dusíka — The average contents in the nitrogen fractions and their proportions in the total nitrogen contents in the years of investigation

Frakcie pôdneho dusíka	1982				1983				1984			
	0–0,3 m		0,3–0,6 m		0–0,3 m		0,3–0,6 m		0–0,3 m		0,3–0,6 m	
	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%
N _{celkový}	13,589	100,0	843,0	100,0	1295,1	100,0	761,0	100,0	1445,4	100,0	916,9	100,0
N _{anorganický}	42,6	3,1	18,1	2,1	30,3	2,3	9,8	1,3	36,3	2,5	12,8	1,4
NH ₄ ⁺ -N	28,8	2,1	14,2	1,7	21,5	1,7	7,2	0,9	25,4	1,8	9,4	1,0
NO ₃ ⁻ -N	13,8	1,0	3,9	0,5	8,8	0,7	2,6	0,3	10,8	0,7	3,4	0,4
N _{hydrolyzovateľný}	910,3	67,0	504,3	59,8	921,9	71,2	504,5	66,3	1082,6	74,9	656,6	71,6
N _{amidický}	382,4	28,1	238,3	28,3	378,9	29,1	246,9	32,4	497,6	34,4	357,0	38,9
N _{aminokyselinový}	190,7	14,0	85,7	10,2	194,1	15,0	77,7	10,2	213,7	14,8	81,0	8,8
N _{nehydrolyzovateľný}	405,9	29,9	320,6	38,0	342,9	26,5	246,7	32,4	326,5	22,6	247,4	27,0

III. Vplyv variantov hnojenia na priemerný obsah sledovaných frakcií dusíka v jednotlivých hĺbkach (v mg/kg v priemere troch rokov) — The effect of fertilization treatments on the contents of the nitrogen fractions at various depths (in mg per kg, on an average for three years)

Frakcie pôdneho dusíka	A		B		C		D		H		B + Ca	
	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m
N _{celkový}	1308,4	827,1	1319,0	822,0	1389,8	844,3	1448,1	880,0	1388,5	828,6	1345,2	839,5
N _{anorganický}	29,1	10,9	37,7	13,2	40,6	14,8	42,6	13,9	37,5	14,0	13,0	14,6
NH ₄ ⁺ -N	24,2	8,4	26,1	10,2	26,5	10,3	27,7	10,1	25,0	10,9	22,2	11,6
NO ₃ ⁻ -N	4,9	2,5	11,7	3,0	14,1	4,4	14,9	3,7	12,5	3,1	8,8	3,0
N _{hydrolyzovateľný}	962,8	535,52	950,7	541,3	979,5	557,3	1004,2	575,8	978,5	562,9	954,1	557,8
N _{amidický}	400,8	267,4	407,6	274,7	421,1	286,6	436,7	290,4	432,0	286,8	419,5	278,5
N _{aminokyselinový}	191,5	76,9	174,6	66,8	188,5	72,9	219,1	97,0	208,2	85,8	215,3	89,3
N _{nehydrolyzovateľný}	316,5	280,7	330,6	267,5	369,7	272,2	401,3	290,3	372,5	251,7	360,2	267,1

jeho obsahu sa podieľali anorganické frakcie dusíka 1,55 % a organické frakcie 98,45 %.

Na celkovom obsahu N_{an} sa v tejto hĺbke podieľal NH_4^+-N 76,77 % a NO_3^--N 23,23 %. Z uvedeného vyplýva, že v tejto hĺbke bol vyšší podiel NH_4^+-N a menší podiel NO_3^--N na celkovom obsahu N_{an} ako v hĺbke 0 až 0,3 m. Rozdiely boli aj v podieli organických frakcií dusíka. Na celkovom obsahu dusíka sa podieľal hydrolyzovateľný dusík iba 66,07 %, t. j. bol oproti hĺbke 0 až 0,3 m zastúpený na N_t nižším podielom, ale vyšší bol podiel nehydrolyzovateľného dusíka (32,38 %) na N_t . Pomer nehydrolyzovateľného dusíka k hydrolyzovateľnému bol v tejto hĺbke 1 : 2, čo je v súlade s výsledkami, ktoré uverejnil S a b i h (1979), že smerom do hĺbky sa pomer týchto dvoch frakcií dusíka zužuje. Na obsahu hydrolyzovateľného dusíka bol vyšší podiel amidického a menší podiel aminokyselinového dusíka ako v hĺbke 0 až 0,3 m.

Variety hnojenia ovplyvnili obsah všetkých sledovaných frakcií dusíka v pôde v oboch hĺbkach, viac však v hĺbke 0 až 0,3 m (tab. III). Z toho vyplýva, že hnojenie priemyselnými hnojivami ovplyvnilo dynamiku premien dusíka v pôde až do hĺbky 0,6 m.

Stupňované dávky dusíka vplývali na obsah jednotlivých frakcií dusíka rozdielne a výraznejšie sa prejavili v ich absolútnom obsahu v pôde, ako v relatívnom podieli jednotlivých frakcií na obsahu celkového dusíka v pôde.

Prvá dávka dusíka (110 kg/ha) ovplyvnila iba obsah anorganických frakcií dusíka v pôde. Obsah anorganických frakcií sa buď nezmenil, alebo došlo k zníženiu ich obsahu, najmä u frakcie hydrolyzovateľného a aminokyselinového dusíka. Druhá a tretia dávka dusíka (146 a 180 kg/ha) na variantoch C a D ovplyvnili tiež výrazne obsah anorganických frakcií dusíka, ale sčasti aj obsah organických frakcií. Obsah N_{an} bol na variante C oproti variantu A o 39,5 % vyšší a na variante D o 47 % vyšší. Hnojenie sírou a vápnenie sa podstatnejšie na dynamike sledovaných frakcií dusíka v pôde neprejavilo.

IV. Priemerný obsah sledovaných frakcií dusíka v mg/kg v jednotlivých odberoch v priemere troch pokusných rokov a variantov hnojenia — The average contents of the nitrogen fractions in mg per kg at different sampling times on an average for the three experimental years and for the fertilization treatments

Frakcie pôdneho dusíka	Mesiac po založení pokusu		Fáza 5. lístku		Fáza 2. kolienka		Po zbere	
	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m	0–0,3 m	0,3–0,6 m
$N_{celkový}$	1286,3	804,8	1360,9	818,1	1404,0	874,4	1414,8	863,7
$N_{anorganický}$	40,3	15,3	39,7	12,7	32,8	12,2	32,9	13,9
NH_4^+-N	24,4	10,5	24,0	9,1	25,8	10,1	26,7	11,4
NO_3^--N	15,8	4,9	15,7	3,7	6,9	2,1	6,2	2,5
$N_{hydrolyzovateľný}$	907,2	539,4	970,5	548,7	991,1	572,0	1017,8	560,3
$N_{amidický}$	409,0	287,4	404,3	256,1	432,2	279,9	433,0	299,5
$N_{aminokyselinový}$	195,3	100,3	220,0	79,8	179,7	74,2	203,1	71,5
$N_{nehydrolyzovateľný}$	338,9	250,1	350,7	256,5	380,1	290,2	364,2	290,0

Počas vegetácie ozimnej pšenice došlo k výraznejším zmenám, najmä v obsahu N_{an} , ale aj v obsahu organických frakcií dusíka (tab. IV). Prihnojovanie ozimnej pšenice dusíkom počas vegetácie ovplyvnilo obsah anorganického a hydrolyzovateľného dusíka. Zo zmien obsahu sledovaných frakcií so zreteľom na odber dusíka rastlinami ozimnej pšenice došlo k najvýraznejším zmenám v obsahu anorganických frakcií dusíka, ale aj dusíka aminokyselinového. Z toho vyplýva, že tieto frakcie sa najvýraznejšie podieľali na dusíkatej výžive ozimnej pšenice. U anorganických frakcií dusíka so zreteľom na odber dusíka rastlinami pšenice došlo k zmenám nielen v hĺbke 0 až 0,3 m, ale aj v hĺbke 0,3 až 0,6 m, a preto pri využívaní informácií o obsahu N_{an} v pôde pri optimalizácii dávok dusíka treba zohľadniť jeho obsah až do hĺbky 0,6 m.

Literatúra

- BIELEK, P.: Dusík v pôde a jeho premeny. Bratislava, Príroda 1984, s. 54-55.
 ILJALETDINOV, A. N.: Mikrobiologičeskije prevraščenija azotsoderžaščich sojedinenij v počve. Alma-Ata, Nauka 1976.
 FREYTAG, H. E.: Arch. Bodenfruchtbar. Pfl.-Prod., 15, 1971, č. 4, s. 239.
 IVANIČ, J. — HAVELKA, B. — KNOP, K.: Výživa rastlín a hnojenie. Bratislava, Príroda 1979.
 MASARYK, Š. — IVANIČ, J.: Premeny dusíka v pôdach pri hnojení priemyselnými a organickými hnojivami. Poľnohospodárstvo, 28, 1982, č. 5, s. 389-399.
 SABIH, A.: Vliv vysokých dávek dusíkatých hnojiv na transformaci dusíku v půdě. [Kandidátská disertace.] Praha 1979. — VŠZ.
 SPITZLOVÁ, M. — GARZ, J.: Quantitative Veränderungen von organisch gebundenen Stickstoff im Abhängigkeit von Düngung und Bodentiefe. Arch. Acker Pfl.-Bau Bodenkde, 18, 1974, s. 691-698.
 VOSTÁL, J. — VANĚK, K. — MATOUSCH, O. — VLKOVÁ, O. — SABIH, A.: Přeměny a dynamika dusíku v půdách vybraných stanovišť. [Závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1980.

Došlo dňa 10. 3. 1986

ИВАНИЧ, Й. — ПАЧУТА, В. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): Изменения в содержании выбранных фракций азота в почве в течении вегетации озимой пшеницы. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 943-949.

В стационарном опыте на глинистом буроземе на супеси изучали влияние различной интенсивности удобрения на изменения в содержании минеральных, гидролизующихся и негидролизующихся фракций азота на глубине 0—0,3 м и 0,3—0,6 м за весь период вегетации пшеницы озимой. Полученные результаты позволили определять долю изучаемых фракций азота от его общего содержания в почве. Во время вегетации наступили самые знаменательные изменения в содержании минеральных фракций азота и N-аминокислотного в обеих наблюдаемых глубинах, зависящие от доз азота — подкормки и потребления азота растениями.

стационарный опыт; пшеница озимая; удобрение азотом; фракции азота

IVANIČ, J. — PAČUTA, V. (University of Agriculture, Nitra): Changes in the Contents of Selected Nitrogen Fractions in the Soil during the Growing Season of Winter Wheat. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 943-949.

A stationary trial was conducted on loamy grey-brown podzolic soil on loess to investigate the effect of different fertilization rates on the changes in the contents of inorganic, hydrolyzable and non-hydrolyzable fractions of nitrogen at the depths of 0 to 0.3 m and 0.3 to 0.6 m during the growing season of winter wheat. The

results enabled to quantify the proportion of nitrogen fractions in the total nitrogen content in the soil. The greatest changes that occurred during the growing season depended on the supplemental nitrogen rates and on the uptake of nitrogen by the plants, and were recorded in the content of inorganic nitrogen fractions and amino acid nitrogen at the two depths under study.

stationary trial; winter wheat; nitrogenous fertilization; nitrogen fractions

IVANIČ, J. — PAČUTA, V. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Veränderungen des Gehalts ausgewählter Stickstofffraktionen im Boden während der Vegetationsperiode beim Winterweizen*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 943-949.

In einem stationären Versuch auf lehmiger Braunerde auf Löß untersuchten wir den Einfluß unterschiedlicher Düngungsintensität auf Veränderungen im Gehalt anorganischer, hydrolysierbarer und nichthydrolysierbarer Stickstofffraktionen u. zw. in Tiefen von 0 bis 0,3 m und 0,3 bis 0,6 m, im Verlauf der Vegetation von Winterweizen. Die gewonnenen Ergebnisse ermöglichten es, den Anteil der verfolgten Stickstofffraktionen an dessen Gesamtgehalt im Boden zu quantifizieren. Im Verlauf der Vegetation kamen die bedeutendsten Veränderungen im Gehalt der anorganischen Stickstofffraktionen und des Aminosäuren-N in beiden untersuchten Tiefen in Abhängigkeit von den Stickstoffgaben zur Kopfdüngung und von der Stickstoffentnahme durch die Pflanzen auf.

stationärer Versuch; Winterweizen; Stickstoffdüngung; Stickstofffraktionen

Adresa autorov:

Prof. ing. Jozef Ivanič, CSc., ing. Vladimír Pačuta, CSc., Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 1, 949 01 Nitra

SOIL MICROBIAL ASSOCIATIONS — CONTROL OF STRUCTURES AND FUNCTIONS

V. Vančura, F. Kunc (Eds)

ACADEMIA v koedici s ELSEVIER, 1988, 498 s., cena v ČSSR 170,— Kčs

Publikace je souborným pojednáním o činnosti mikrobů v půdě při různých ekologických trofických podmínkách. Je rozdělena do sedmi kapitol (s dalším členěním). Názvy těchto kapitol (v českém překladu):

1. Úvod (V. Vančura) — vysvětlení problémů;
2. Výživa a zdroje energie mikrobiálních populací v ekosystémech (B. Ůlehlová, F. Kunc, V. Vančura) — zdroje živin a energie půdní mikroflóry; zdroje z rostoucích rostlin, z odumřelých zbytků, z hnojiv, z xenobiotických látek;
3. Struktura mikrobiálních společenstev a některé mechanismy jejich autoregulace (D. I. Nikitin, F. Kunc) — vztahy mezi mikrobiální populací, heterotrofní výživou mikrobů a ekologickými faktory;
4. Mikroorganismy, jejich vzájemné vztahy a činnosti v rhizosféře (V. Vančura) — kolonizace povrchu kořenů, četnost mikrobů v rhizosféře a v rhizoplánu, produkce biologicky účinných látek;
5. Mechanismus přizpůsobení a výběru mikrobů v půdě (F. Kunc, J. Macura) — biochemické reakce na substráty, inkubace a předinkubace;
6. Vzájemné vztahy mezi mikrobiálními pochody v půdě (F. Kunc) — principiálně komplexní využití všech podmínek v půdě, možnosti vytvoření a využití ko-metabolismu;
7. Koloběh minerálních prvků (B. Ůlehlová, M. Tesařová) — nové údaje o koloběhu biogenních prvků, zejména uhlíku a dusíku; významné jsou nové údaje o těchto kolobězích v přirozených, zejména travních, společenstvech.

Kniha je nejen shrnutím mnohých poznatků, ale inspirací pro pracovníky, kteří se zabývají půdní biologii — ve sféře výzkumné, realizační, pedagogické i plánovací. Je napsána přehledně a srozumitelně (v angličtině). Lze ji doporučit pracovníkům výzkumných a pedagogických pracovišť se zaměřením na biologii, biochemii, rostlinnou fyziologii a půdoznalství, pracovníkům centrálních a krajských orgánů s tímto zaměřením, pracovníkům v oblasti vodohospodářství a lesního hospodářství, pokročilým studentům a všem vzdělaným občanům, zájímavým se o půdu.

Doc. dr. ing. Bohumír Novák, DrSc.

VYUŽITÍ DUSÍKU ROSTLINAMI A JEHO VYPLAVENÍ Z PŮDY A HNOJIVA V LYZIMETRECH

H. Mouchová, J. Klír, J. Benešová

MOUCHOVÁ, H. — KLÍR, J. — BENEŠOVÁ, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Využití dusíku rostlinami a jeho vyplavení z půdy a hnojiva v lyzimetrech*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 951-959.

V lyzimetrech plněných zeminou z ornice hnědozemě o mocnosti vrstvy 30 cm a ploše 527 cm² bylo v letech 1982 až 1985 sledováno pomocí ¹⁵N využití dusíku z aplikovaných hnojiv porostem ozimé pšenice a vyplavení dusíku z hnojiv a půdy v lyzimetrické vodě. Hnojeno bylo močovinou a hnojivem DAM 390 v jednorázové dávce dusíku 120 kg/ha a v dělené dávce, sestávající z dávk 50 kg/ha aplikované na podzim a dohnojené na jaře (30 kg/ha v roce 1983, 15 kg/ha v roce 1984 a 50 kg/ha v roce 1985). Byl zjištěn výrazný vliv ročníku, použitého hnojiva a dávky dusíku na množství vyplaveného minerálního dusíku a stanoven stupeň využití dusíku z hnojiva rostlinou. Z podzimních dávek dusíkatých hnojiv bylo u všech variant využito rostlinami na tvorbu výnosu 13 až 28 % aplikovaného dusíku, při jarní aplikaci 16 až 40 % ozimá pšenice; lyzimetr; ¹⁵N; vyplavování dusíku

S problematikou efektivního využívání dusíku z průmyslových hnojiv plodinami souvisí i studium transportu minerálního dusíku v půdě. Ke sledování pohybu nitrátového a amoniakálního dusíku v profilu půdy jsou vhodné lyzimetry, naplněné prosetou zeminou nebo půdou odebranou jako monolit, či zabudované přímo na poli, v nichž je možné sledovat vyplavování dusíku z dané vrstvy půdy. Při použití stabilního izotopu ¹⁵N ke značkování dusíku v dodaném hnojivu lze rozlišit zastoupení dusíku z půdy a z hnojiva v lyzimetrické vodě i jejich podíl na příjmu a využití dusíku rostlinami.

Předkládáme výsledky tří pokusů z let 1982 až 1985, provedených ve vrstvených lyzimetrech, v nichž jsme sledovali vyplavování minerálního dusíku z močoviny a hnojiva DAM 390, jakož i příjem a využití dusíku porostem ozimé pšenice v závislosti na povětrnostních podmínkách.

MATERIÁL A METODY

Lyzimetr v našich pokusech představuje obrácená polyetylenová nádoba s odříznutým dnem o objemu 25 l. Lyzimetry byly umístěny na zahloubené dřevěné konstrukci tak, aby povrch zeminy v nich byl na úrovni okolní ornice a okraj nádoby o 3 cm převyšoval tuto úroveň. Plocha lyzimetru je 527 cm², výška zeminy 30 cm. Každoročně na podzim byly plněny zeminou (ca 22 kg), odebranou z hnědozemě odděleně z vrstev 0 až 15 cm a 15 až 30 cm a utuženou mechanicky na obje-

Ročník		Datum odběru	kg N (NH ₄ ⁺ -N + NO ₃ ⁻ -N) / ha					
			kontrola	jednorázově		dělená aplikace		
				DAM (N 120 kg/ha)	MO (N 120 kg/ha)	DAM (N 50 kg/ha)	MO (N 50 kg/ha)	
1982— —1983	úhor	27. 1.	28	34	33	36	31	+DAM (N 30 kg/ha)
		9. 3.	88	147	146	127	132	
		18. 4.	95	177	172	138	146	
		4. 5.	116	207	204	× 153	× 158	
		6. 6.	138	239	230	177	185	
		8. 8.	199	320	307	257	270	
	porost	27. 1.	17	20	26	11	16	+DAM (N 30 kg/ha)
		9. 3.	59	144	125	102	115	
		18. 4.	62	154	134	110	122	
		4. 5.	64	159	140	× 116	× 128	
		6. 6.	66	159	142	117	129	
		8. 8.	77	171	156	127	139	
1983— —1984	porost	9. 4.	12	40	23	35	21	+DAM (N 15 kg/ha)
		4. 6.	23	63	37	× 50	× 36	
		26. 9.	28	70	43	55	40	
1984— —1985	porost	11. 4.	34	57	46	58	54	+DAM (N 50 kg/ha)
		13. 8.	36	60	47	× 59	× 56	

× jarní aplikace dělené dávky

movou hmotnost identickou s půdou na odběrném poli. K zemině jsme dodali hnojivo DAM 390 nebo močovinu v jednorázové dávce dusíku 120 kg/ha na podzim nebo v dělené dávce 50 kg/ha na podzim a další dávce na jaře (30 kg v roce 1983, 15 kg v roce 1984 a 50 kg v roce 1985), kdy jsme použili DAM 390, a velikost a dávku odvodili pomocí metody $N_{\min}$ v návaznosti na stejně uspořádané parcelkové pokusy na poli. Močovina s ^{15}N i DAM 390 (připravený ze značkové močoviny a dusičnanu amonného) byly aplikovány ve formě roztoku. PK-hnojení bylo v dávce 45 kg fosforu a 60 kg draslíku na ha (Mouchová et al., 1986).

Pokusy byly zakládány na podzim a kromě roku 1982—1983, kdy byla část lyzimetrů ponechána bez porostu, byly v dalších letech lyzimetry osety ozimou pšenicí. Po sklizni pšenice byla zemina z každého lyzimetru rozdělena do čtyř vegetačních nádob a v následujícím roce byla po NPK-hnojení vyseta kukuřice, kterou jsme sklízeli na začátku květu za účelem zhodnocení reziduálního účinku hnojiv s ^{15}N , aplikovaných k ozimé pšenici. Voda proteklá lyzimetry byla jímána do kanystrů, konzervována HgCl_2 a odebírána podle potřeby, vždy však před jarním hnojením. Stanovili jsme objem vody a v ní obsah amoniakálního a nitrátového dusíku. Pro izotopickou analýzu byly současně zpracovávány vzorky vody po destilaci s MgO a Devardovou slitinou. Rovněž byly k této analýze připraveny vzorky zrna a slámy, zeminy po sklizni pšenice a vzorky kukuřice.

V textu a tabulkách jako obsah minerálního dusíku je uvažován součet obsahu nitrátového a amoniakálního dusíku vyplaveného z půdy a hnojiva a obsah minerálního dusíku, stanovený pomocí ^{15}N , je uváděn jako dusík z hnojiva.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V sezóně 1982—1983 jsme porovnávali vyplavování minerálního dusíku pod porostem a hnojeným úhorem. Výsledky jsou uvedeny v tab. I. Množství vyplaveného minerálního dusíku při prvním odběru nebylo výrazně ovlivněno porostem ani hnojením, u dalších odběrů se ukázal vliv dávek dusíku a v jarních měsících pak podstatný vliv porostu. Koncentrace minerálního dusíku v lyzimetrické vodě prvního odběru byla u kontrol 200 mg/l, u N-variant 223 až 270 mg/l a byla vysoká i u dalšího odběru (9. 3.), kdy u N-variant dosáhla 190 až 270 mg/l (tab. II). Zatímco podíl dusíku z hnojiva v celkově vyplaveném minerálním dusíku u prvního odběru činil v průměru 20 % u dávek 120 kg/ha (8 % u dávek 50 kg/ha), zvýšil se při dalších odběrech v jarních měsících na 32 až 57 % u vyšších a 15 až 31 % u nižších dávek dusíku. Do doby jarní aplikace (18. 4. 1983) bylo pod porostem ozimé pšenice z dávky dusíku 120 kg/ha vyplaveno 75 kg při hnojení DAM 390, 42 kg při použití močoviny a téměř 25 kg z dávek 50 kg/ha na podzim (tab. IV).

II. Koncentrace minerálního dusíku v lyzimetrické vodě (1982—1983) — Concentration of mineral nitrogen in lysimetric water (1982—1983)

Varianta		Datum odběru					
		27. 1.	9. 3.	18. 4.	2. 5.	6. 6.	8. 8.
		mg N ($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$) / l					
— bez porostu	kontrola	211	182	48	51	54	58
	120 DAM	270	272	199	65	66	75
	120 MO	246	209	161	27	59	68
	50 DAM + *30 DAM	256	189	94	28	55	67
	50 MO + *30 DAM	251	220	82	22	49	60
	průměrný průsak vody v mm	13,2	45,2	15,2	60,8	47,5	121
— s porostem	kontrola	194	87	18	0,4	0,5	12
	120 DAM	243	252	64	5	1	13
	120 MO	223	196	64	8	4	13
	50 DAM + *30 DAM	235	206	53	7	3	11
	50 MO + *30 DAM	237	196	40	8	3	12
	průměrný průsak vody v mm	7,4	48,6	15,2	79,2	26,2	89,3

* jarní dělená dávka dusíku k 50 kg / ha na podzim aplikována 18. 4.

III. Koncentrace minerálního dusíku v lyzimetrické vodě (1983—1984, 1984—1985) — Concentration of mineral nitrogen in lysimetric water (1983—1984, 1984—1985)

Varianta	Rok				
	1983—1984			1984—1985	
	datum odběru				
	9. 4.	4. 6.	26. 9.	11. 4.	13. 8.
	mg N (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) / l				
Kontrola	120	90	20	105	3
120 DAM	176	180	26	206	4
120 MO	114	116	20	142	3
50 DAM + *15 DAM (1983—1984)	115	110	12		
*50 DAM (1984—1985)				160	3
50 MO + *15 DAM (1983—1984)	114	105	16		
*50 MO (1984—1985)				157	3
Průměrný průsak vody v mm	23,2	13,4	32,3	33,6	57,9

* jarní dělená dávka dusíku k 50 kg / ha na podzim aplikována 9. 4. (11. 4.)

IV. Vyplavování minerálního dusíku z dodaného hnojiva (1982—1983) — The leaching of mineral nitrogen from the applied fertilizers (1982—1983)

Varianta		Datum odběru					
		27. 1.	9. 3.	18. 4.	4. 5.	6. 6.	8. 8.
		kg N (NO_3^- -N + NH_4^+ -N) / ha					
bez porostu —	120 DAM	8,1	61,5	16,3	14,4	0,06	3,1
	120 MO	8,0	44,8	13,6	8,8	0,04	3,0
	50 DAM	4,1	24,1	2,1	2,4	0,02	1,9
	50 MO	2,0	29,4	3,8	3,0	0,03	1,2
	30 DAM*	—	—	—	0,5	0,03	6,9
s porostem —	120 DAM	3,8	67,6	5,0	0,06	—	0,4
	120 MO	4,1	34,7	2,9	0,02	—	0,4
	50 DAM	1,0	24,6	1,9	0,04	—	0,2
	50 MO	1,2	22,4	1,1	0,02	—	0,2
	30 DAM*	—	—	—	0,26	—	0,1

* jarní dělená dávka dusíku k 50 kg / ha na podzim

V. Vyplavování minerálního dusíku z dodaného hnojiva (1983—1984, 1984—1985) —
The leaching of mineral nitrogen from the applied fertilizers (1983—1984, 1984—
—1985)

Rok	1983—1984			1984—1985	
Datum odběru	9. 4.	4. 6.	26. 9.	11. 4.	13. 8.
Varianta	kg N ($\text{NH}_4^{+}\text{-N} + \text{NO}_3^{-}\text{-N}$) / ha				
120 DAM	14,3	11,3	0,4	33,2	0,4
120 MO	3,2	2,8	0,3	22,7	0,2
50 DAM	6,8	4,5	0,1	22,7	0,1
50 MO	2,1	2,4	0,1	20,8	0,1
15 DAM (1983—1984)*		—	0,01		
50 DAM (1984—1985)*					0,05

* jarní dělená dávka dusíku k 50 kg / ha na podzim

VI. Zastoupení dusíku z hnojiva s ^{15}N v rostlinách, lyzimetrické vodě a zemině
v kg/ha — The proportions of fertilizer nitrogen with ^{15}N in plants, lysimetric
water, and soil (kg per ha)

Rok	Hnojivo a dávka N	S porostem				Celkem	Bez porostu			Celkem
		lyzime- trická voda	pšenice	zemina	násled- ná plo- dina		lyzime- trická voda	zemina	násled- ná plo- dina	
1982—1983	120 DAM	76,8	14,0	16,4	1,7	108,9	103,5	9,3	1,0	113,8
	120 MO	42,1	18,0	20,3	1,8	82,2	78,2	11,0	1,3	90,5
	50 DAM	27,7	7,1	14,4	0,9	50,1	34,1	10,6	0,6	45,3
	50 MO	24,9	5,3	8,4	1,0	39,6	39,4	5,5	0,6	45,5
	*30 DAM	0,4	10,1	9,0	0,8	20,3	7,4	5,3	1,0	13,7
1983—1984	120 DAM	26,0	20,9		5,5	(52,4)	neúplná bilance			
	120 MO	6,3	19,1		4,0	(29,4)				
	50 DAM	11,4	7,9		1,7	(21,0)				
	50 MO	4,7	7,7		1,6	(14,0)				
	*15 DAM	0,1	2,4		1,0	(3,5)				
1984—1985	120 DAM	33,6	34,5	38,5	2,2	108,8				
	120 MO	22,9	33,8	39,8	2,8	99,3				
	50 DAM	22,7	9,2	13,9	0,8	46,6				
	50 MO	20,9	9,2	15,0	0,9	46,0				
	*50 DAM	0,7	20,5	26,2	1,5	48,9				

* jarní aplikace dělené dávky dusíku

Celkové vyplavení minerálního dusíku v dalším roce (1983—1984) je uvedeno v tab. I. Koncentrace minerálního dusíku v prvních odběrech byla vysoká ve variantě 120 kg/ha v DAM 390 (180 mg/l), u kontroly a ostatních N-variant byla v rozmezí 90 až 120 mg/l (tab. III). Podíl dusíku z hnojiva u těchto odběrů ve variantě 120 kg/ha v DAM 390 dosáhl 36 a 49 %, ve variantě 50 kg/ha v DAM 390 22 a 31 %, zatímco u močoviny 11 až 21 %. Do doby jarního hnojení (9. 4.) bylo z dávky 120 kg/ha v DAM 390 vyplaveno 14 kg, ve variantě 50 kg/ha v DAM 390 vyplaveno 7 kg a z močoviny jen 3 kg dusíku (tab. V).

V roce sledování 1984—1985 jsme odebrali lyzimetrickou vodu jen před hnojením na jaře a po sklizni pšenice (tab. I). Při prvním odběru (11. 4.) byla koncentrace minerálního dusíku v lyzimetrické vodě kontrolní varianty 105 mg/l, u varianty 120 kg/ha v DAM 390 dosáhla 206 mg/l, u ostatních variant 140 až 160 mg/l (tab. III), dusík z hnojiva se podílel na tomto množství 58 až 50 % u dávek 120 kg/ha a přibližně 40 % u dávek 50 kg/ha.

Do jarního hnojení (11. 4.) bylo z dávky 120 kg/ha v DAM 390 vyplaveno 33 kg, u ostatních variant 22 kg (tab. V).

V tab. VI je uvedeno zastoupení dusíku z hnojiva s ^{15}N v lyzimetrické vodě, rostlinách, zemině a následné plodině. V prvním roce sledování obsahovala ozimá pšenice průměrně 13 % z dávek na podzim a 34 % z jarní aplikace dělené dávky, dusík dodaný v dělených dávkách (50 + 30 kg/ha) byl rostlinou využit z 20 %. V zemině po sklizni zůstalo z dávky podzimního hnojení zhruba 19 %, jarního 31 %, což zahrnuje i kořeny pšenice zapravené do půdy, na úhuru pak 12 a 18 %. Následná kukuřice odebrala průměrně 1,4 % z podzimní aplikace a 3 % z dávky na jaře.

V dalším roce (1983—1984) bylo v rostlině pšenice obsaženo přibližně 16 % z dodaného hnojiva s ^{15}N . Poměrně nízké využití dodaného dusíku, vzhledem k menšímu vyplavení minerálního dusíku v tomto roce vysvětlujeme slabým a napadeným porostem. Následná kukuřice odčerpala 4 % dávky hnojiva dodaného ke pšenici.

V roce 1984—1985 se vliv dávky s ^{15}N na využití dusíku rostlinou projevil nejvýrazněji: z dávky 120 kg/ha na podzim bylo v rostlině zjištěno 28 %, z dělené dávky 50 kg/ha na podzim přijaly rostliny 18 %, z jarní dělené stejné dávky 40 %, čili v podmínkách roku 1984—1985 bylo využití děleného hnojení poměrně vysoké (58 %). V souladu s nižším vyplaveným minerálním dusíkem než v roce 1982—1983 zůstalo v zemině více reziduálního dusíku, v průměru 31 % z podzimních dávek a 52 % z jarní aplikace 50 kg/ha.

V našich pokusech bylo využití dusíku ozimou pšenicí z jarní aplikace vyšší než z aplikace podzimní, podobně jako v lyzimetrických pokusech, které provedli Koreňkov et al. (1985).

V roce 1982—1983 jsme za období od října do dubna v lyzimetrické vodě zjistili 80 až 90 %, v roce 1983—1984 jen 42 až 64 % a v roce 1984—1985 přes 95 % celkově vyplaveného minerálního dusíku do doby sklizně pšenice. Hlavní část (více než 95 % minerálního dusíku v lyzimetrické vodě) tvoří nitráty, procento amoniakálního dusíku stoupalo jen při dlouhotrvajících deštích. Jones et al. (1974) uvedli, že z celkově vyplaveného dusíku z močoviny v lyzimetrech s porostem se téměř

94 % vyplavilo na podzim a zbytek do jara. Přestože v našich pokusech bylo rozdělení srážek jiné, výsledky se shodují.

Vyplavení dusíku z jarní dělené aplikace hnojiva k ozimé pšenici bylo minimální, podobně jako v pokusech, které zveřejnili K o r e ň k o v et al. (1985) anebo T h i e s et al. (1978). Nejvíce ze sledovaných let se v našich pokusech vyplavilo pod porostem v roce 1983 (1 %), na úhuru se ze stejné dávky (30 kg/ha) vyplavilo 25 %.

Množství vyplaveného dusíku je závislé jak na úhrnu a rozdělení srážek, tak na charakteru zimního období. To bylo v roce 1982—1983 nadnormálně teplé, v roce 1983—1984 trvalo dlouho chladné počasí, roku 1984—1985 byla velmi chladná zima. Při srovnatelném úhrnu srážek v Ruzyni od začátku října do konce března v letech 1982—1983 (151 mm) a 1983—1984 (140 mm) bylo v roce 1982—1983 za toto období z dodaných 120 kg/ha v hnojivu DAM 390 vyplaveno 63 % (34 % z močoviny), kdežto v roce 1983—1984 jen 27 % z DAM 390 a 19 % z močoviny. Potvrdilo se, že se z močoviny vyplavuje méně dusíku než z hnojiva DAM 390. Největší rozdíly mezi vyplavením dusíku z hnojiva DAM 390 a z močoviny byly zaznamenány po zimě v roce 1983—1984, kdy podmínky pro rozklad a nitrifikaci močoviny nebyly příznivé. Dlouhodobé teplotní normály pro listopad jsou 2,5 °C, pro březen 2,5 °C. V roce 1983—1984 byly průměrné teploty za tyto měsíce nižší (1,3 °C za listopad a 1,4 °C za březen), v roce 1982—1983 naopak vyšší (4,4 a 4,0 °C), podobně jako v roce 1984—1985 (4,2 a 3,0 °C). Rozdíly jsme zjistili i v samotném vyplavování půdního dusíku. V roce 1982—1983 se za celé období na kontrole vyplavilo 77 kg/ha, u N-variant, bez ohledu na dávku, bylo v lyzimetrické vodě zjištěno 94 až 114 kg půdního dusíku. Zvýšené vyplavení půdního dusíku vlivem N-hnojiva jsme zaznamenali i v roce 1983—1984, na kontrole 28 kg/ha, a 35 až 44 kg/ha u N-variant, kdežto v posledním roce 1984—1985 bylo v lyzimetrické vodě u kontrolní varianty celkem vyplaveno 36 kg/ha a v N-variantách 24 až 36 kg/ha.

Při bilancování dodaného dusíku s ¹⁵N pro dobu sklizně jsme u prvního pokusu zpětně stanovili ve vodě, rostlině a zemině ve variantách s DAM 390 89 až 98 %, u močoviny 67 až 90 %, u třetího pokusu jsme u varianty se 120 kg/ha v močovíně zpětně stanovili 80 %, u ostatních 90 % z dodaného množství dusíku. Další nestanovenou část, zvláště u močoviny, je možné přičíst úniku dusíkatých látek do ovzduší. Při dávce 120 kg/ha O w e n s (1960) stanovil na úhuru ztráty do ovzduší 34 % z dodané dávky, Z a c h a r č e n k o (1974) na osetém pozemku zjistil ztráty 28 %.

Malé lyzimetry plněné ornici a s porostem mohou doplňovat sledování pohybu dusíku ze stejné vrstvy ornice, při stejné plodině, v polních podmínkách (K l í r, 1984), do začátku vegetace, maximálně do dubna až května. V pozdějších měsících, hlavně při nedostatku srážek trpí rostliny nedostatkem vláhy, nemohou využívat vodu a nitráty z hlubších vrstev. Tyto potíže, i když pravděpodobně v menší míře, se vyskytují i u nízkých lyzimetrů monolitických (B a r r a c l o u g h et al., 1984). Naše lyzimetry byly plněny po přípravě půdy na poli rozrušenou vrstvou ornice, při odběrech, homogenizaci a vrstvení dostatečně provzdušněnou a z toho důvodu jsme u prvních průsaků lyzimetrických vod zjistili značné vyplavování půdního dusíku, uvolněného mineralizací v zemině po založení pokusu.

- BARRACLOUGH, D. — GEEN, E. L. — MAGGS, J. M.: Fate of fertilizer nitrogen applied to grassland. II. Nitrogen-15 leaching results. *J. Soil Sci.*, 35, 1984, s. 191-199.
- JONES, M. B. — STREET, J. E. — WILLIAMS, W. A.: Leaching and uptake of nitrogen applied to annual grass and clover-grass mixtures in lysimeters. *Agron. J.*, 66, 1974, s. 256-258.
- KLÍR, J.: Matematický model přeměn a pohybu dusíku v půdě v zimním období. *Rostl. Výr.*, 10, 1984, č. 9, s. 1005-1010.
- KOREŇKOV, D. A. — RUDELEV, E. V. — FILIMONOV, D. A.: Transformacija i ispolzovanie azota ^{15}N oziměj pšenicej v zavisimosti ot srokov jego vnesenija. *Agrochimija*, 10, 1985, s. 3-10.
- MOUCHOVÁ, H. — APLTAUER, J. — LIŠŤANSKÁ, J. — KLÍR, J.: Vliv inhibitoru nitrifikace, povětrnosti a porostu ozimé pšenice na přeměnu a vyplavování N v lyzimetrických a modelových pokusech. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1986.
- OWENS, L. D.: Nitrogen movement and transformations in soils as evaluated by a lysimeter study utilizing isotopic nitrogen. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 24, 1960, s. 372-377.
- THIES, W. — BECKER, K. W. — MEYER, B.: Bilanz von markiertem Dünger-N ($^{15}\text{NH}_4$ und $^{15}\text{NO}_3$) in natürlichen gelargeten Sandlysimetern sowie zeitlicher Verlauf des dünger- und bodenbürtigen N-Austrags im Vergleich Bewuchs-Brache. *Landwirtsch. Forsch.*, 34, 1978, č. 2, s. 55-62.
- ZACHARČENKO, I. G.: O postuplenii azota s atmosferynymi osadkami i poterjach ego pri vymyvani počvy v Polesje i Lesostepi USSR. *Agrochimija*, 2, 1974, s. 20-24.

Došlo dne 25. 3. 1988

МОУХОВА, Г. — КЛИР, Я. — БЕНЕШОВА, Я. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага-Рузыне): Использование азота растениями и его вымывание из почвы и удобрения в лизиметрах. *Rostl. Výr.*, 34, 1988 (9) : 951-959.

В лизиметрах наполненных почвой из пахотного горизонта бурозема толщиной слоя 30 см и площадью 527 см² в 1982 – 1985 гг. при помощи ^{15}N наблюдали использование азота из удобрений в промывных водах полученных из лизиметра. Удобрляли мочевиной и удобрением ДАМ 390 в одноразовой дозе азота 120 кг/га и в ступенчатой дозе, состоящей из дозы 50 кг/га примененной осенью и весенней подкормкой (30 кг/га в 1983 г., 15 кг/га в 1984 г. и 50 кг/га в 1985 г.). Установили выразительное влияние года, примененного удобрения и дозы азота на количество вымытого минерального азота и степень использования азота из удобрения растением. Из осенних доз азотных удобрений у всех вариантов растения использовали для формирования урожая 13—28 % примененного азота, при весеннем применении 16—40 %.

пшеница озимая; лизиметр; ^{15}N ; вымывание азота

MOUCHOVÁ, H. — KLÍR, J. — BENEŠOVÁ, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *Utilization of Nitrogen by Plants and Nitrogen Leaching from the Soil and Fertilizer in Lysimeters*. *Rostl. Výr.*, 34, 1988 (9) : 951-959.

The utilization of fertilizer nitrogen by wheat crop and the leaching of fertilizer and soil nitrogen in lysimetric water were studied in 1982 to 1985 with the use of ^{15}N in lysimeters filled with the topsoil of grey-brown podzolic soil (layer 30 cm thick, area 527 cm²). The area was fertilized with urea and the DAM 390 fertilizer either in a single application at the rate of 120 kg of nitrogen per ha or in split dressing with 50 kg of nitrogen per ha applied in autumn, the rest being added in spring (30 kg per ha in 1983, 15 kg per ha in 1984 and 50 kg in 1985). The year, the fertilizer and the nitrogen application rate were found to have a significant influence on the amount of mineral nitrogen leached from the soil. The degree of utilization of fertilizer nitrogen by the plants was determined. In all variants, the proportion of nitrogen utilized by the plants for yield formation was 13 to 28 % of the nitrogen applied in autumn and 16 to 40 % of that applied in spring.

winter wheat; lysimeter; ^{15}N ; nitrogen leaching

MOUCHOVÁ, H. — KLÍR, J. — BENEŠOVÁ, J. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Verwertung von Stickstoff durch Pflanzen und dessen Auswaschung aus dem Boden und den Düngemitteln in Lysimetern*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 954-959.

In mit Bodensubstrat aus der Ackerkrume von Braunerde von 30 cm Schichtdicke und 527 cm² Fläche gefüllten Lysimetern wurde in den Jahren 1982 bis 1985 mittels ¹⁵N die Verwertung des Stickstoffs aus den applizierten Düngemitteln durch einen Winterweizenbestand sowie die Stickstoffauswaschung aus den Düngern und dem Boden im lysimetrischen Wasser untersucht. Gedüngt wurde mit Harnstoff und mit DAM 390 u. zw. in einer einmaligen Stickstoffgabe von 120 kg/ha und in einer geteilten Gabe, die aus 50 kg/ha im Herbst applizierten Stickstoffs mit Nachdüngung im Frühjahr (30 kg/ha im Jahre 1983, 15 kg/ha 1984 und 50 kg/ha 1985) bestand. Es wurde ein markanter Einfluß des Jahrgangs, des angewandten Düngemittels und der Stickstoffdosis auf die Menge des ausgewaschenen Mineralstickstoffs verzeichnet und der Grad der Verwertung des durch die Pflanze aus dem Dünger entnommenen Stickstoffs ermittelt. Aus den Herbstgaben der Stickstoffdünger verwerteten die Pflanzen zur Ertragsbildung 13 bis 28 % des applizierten Stickstoffs u. zw. in sämtlichen Varianten, bei der Frühjahrsapplikation betrug dieser Wert 16 bis 40 %.

Winterweizen; Lysimeter; ¹⁵N; Stickstoffauswaschung

Adresa autorů:

Ing. Hana Mouchová, CSc., ing. Jan Klír, CSc., ing. Jana Benešová,
Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

- Biochemie. Teil II.**
Jena, 1988. E 45.714/2
- Biotechnology and the Changing Role of Government.**
Paris, 1988. D 80.457
- BLAHUTIAK, A.: **Integrovaná ochrana slivkových sadov.**
Bratislava, 1988. D 64.539/1988/3
- Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat.**
Mexici, 1988. D 80.455
- Cesty k překonání stagnace ve výrobě polní zeleniny.**
Praha, 1988. E 42.803/119
- CRISTEA, M.: **Conservarea genetica a plantelor si agriculture.**
Bucuresti, 1986. D 80.389
- FARKAŠ, J.: **Technology and Biochemistry of Wine.**
Praha, 1988. D 80.440/1,2
- FÖRSTER, A.: **So wird ein naturgemässer Gartenteich angelegt.**
Berlin, 1988. E 46.616
- Fyziológia koreňového systému rastlín.**
Bratislava, 1988. D 52.027/6
- GHORGHITA, G. I.: **Radiobiologie vegetala.**
Bucuresti, 1987. D 80.422
- GLOSER, J.: **Sukulentní rostliny.**
Praha, 1987. D 80.442
- HORTON, D.: **Potatoes Production, Marketing and Programs for Developing Countries.**
Boulder, 1987. D 80.464
- HRAŠKO, J.: **Aplikované pôdoznalectvo.**
Bratislava, 1987. D 80.438
- Insects and the Plant Surface.**
London, 1986. D 80.449

J. Lišfanská

LIŠFANSKÁ, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Vliv nových typů inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku a respirační aktivitu v půdě*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 961-967.

V modelovém laboratorním pokusu byl při 28 °C v průběhu 12 týdnů sledován v zemině hnědozemě vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku močoviny a DAM 390 a respirační aktivitu půdních vzorků. Obchodní preparáty (N-Serve 240, ATC-60 a Didin) byly porovnávány s pokusně připravenými vzorky v ČSSR (ATLS-60, TS-60, MO + 1,8 % AT) a NDR (FL-426). Inhibiční vliv přípravků, který byl patrný během 5 až 12 týdnů, klesal v pořadí: N-Serve > Didin > ATC > ATLS ≥ TS > FL > MO + 1,8 % AT. Vlivem inhibitorů se zvýšila produkce CO₂; rozdíly ve zjištěném množství CO₂ byly u jednotlivých variant nižší než u zjištěného množství amoniakálního a nitrátového dusíku. Ve variantách s DAM 390 byla produkce CO₂ vyšší než ve variantách s močovinou.

hnědozem; přeměna dusíku v půdě; respirační aktivita půdy; močovina; DAM 390; inhibitory nitrifikace N-Serve, ATC-60, Didin, ATLS-60, TS-60, FL-426; močovina s 1,8 % AT

Jako jedna z možností snižování ztrát dusíku z průmyslových hnojiv se ve světě zkoušejí, případně již používají inhibitory nitrifikace (Hau ck, 1984; Slangen, Kerkhoff, 1985; Smirnov, 1981), které po určitou dobu zpomalují, resp. zastavují přeměnu amoniakálního dusíku na dusík nitritový, který se v běžných podmínkách rychle mění na dusík nitrátový. Požadavkem je, aby inhibitory nitrifikace působily selektivně pouze na mikroflóru způsobující tuto přeměnu, neovlivňovaly činnost jiných mikroorganismů a neměly negativní vliv na půdní faunu, či flóru.

Ve světě je známo několik obchodních preparátů, z nichž nejvíce pozornosti bylo dosud věnováno americkému přípravku N-Serve (Hau ck, 1984; Maddux et al., 1985). V posledních letech je zájem i o další výrobky, např. japonský ATC-60 (Guthrie, Bomke, 1980) a zejména o západoněmecký Didin (Amberger, 1986).

V našich pokusech jsme se zabývali porovnáním vlivu pokusně připravených inhibitorů nitrifikace v ČSSR (Toman, Socha, 1983) a v NDR (Walter et al., 1986) s vybranými obchodními preparáty (N-Serve, ATC-60 a Didin) na přeměnu dusíku průmyslových dusíkatých hnojiv v půdě při teplotě 28 °C. Pozorování byla doplněna sledováním respirační aktivity půdy.

MATERIÁL A METODY

V návaznosti na minulá sledování (Lišřanská, 1984) byl založen modelový laboratorní pokus, ve kterém byly v dózách z plastické hmoty při 28 °C inkubovány vzorky zeminy (350 g suché zeminy) spolu s dusíkatými hnojivy a inhibitory nitrifikace. Zemina odebraná z ornice hnědozemě (pH_{KCl} 7,2; 75 mg P, 117 mg K, 68 mg Mg na 1 kg suché zeminy; 0,13 % N_t , 1,17 % C_{ox} , 2,02 % humusu), prosátá sítem o průměru ok 2 mm, byla promíchána s močovinou (MO; 45,44 % N), nebo DAM 390 (DAM; 28,53 % N) v dávce 300 mg N na 1 kg suché zeminy, případně s jednotlivými inhibitory nitrifikace a ovlhčena na 16 % (hmotn.) vlhkosti.

Z inhibitorů nitrifikace (IN) byly použity:

N-Serve 240 (NS)	2-chlór-6(trichlórmetyl)pyridin; 24 % účinné látky, USA, dávka 5 mg/kg suché zeminy;
ATC-60 (ATC)	4-amino-1,2,4-triazol.HCl; 60 % účinné látky, Japonsko, dávka 10 mg/kg suché zeminy;
Didin (DCD)	dikyandiamid; 99 % účinné látky, 66,5 % N, NSR, dávka 15 % z hmotnosti dusíku v hnojivu;
ATLS-60 (ATLS)	pokusně vyrobený na bázi aminotriazolu, 60 % účinné látky, VŠCHT Pardubice (ing. J. Socha, CSc.), dávka 10 mg/kg suché zeminy;
TS-60 (TS)	pokusně vyrobený na bázi triazolu, 60 % účinné látky, VŠCHT Pardubice (ing. J. Socha, CSc.), dávka 10 mg/kg suché zeminy;
FL-426 (FL)	N-karbamoyl-3(5)-metyl-pyrazol, 50 % účinné látky, NDR, dávka 7 mg/kg suché zeminy.

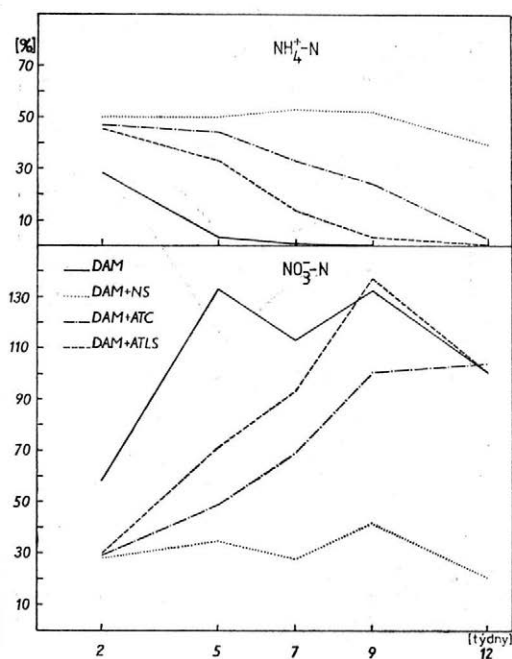
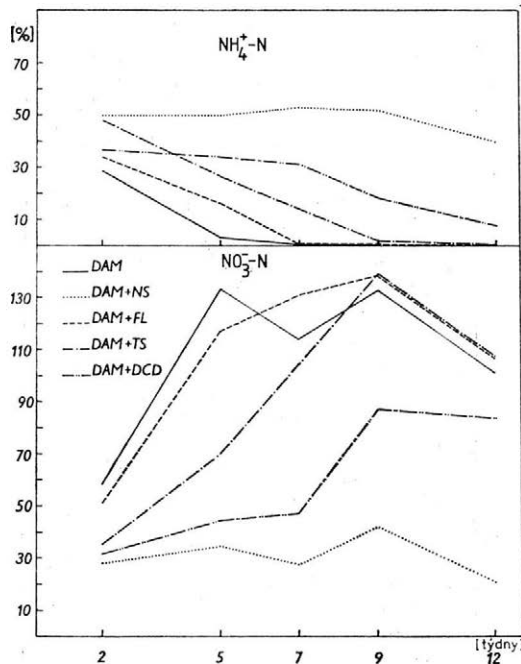
Jako samostatná varianta byla zařazena močovina se zabudovaným aminotriazolem (44,75 % N) z VŠCHT v Pardubicích s obsahem 1,8 % aminotriazolu (MO + 1,8 % AT).

V pokusu byla sledována kontrolní varianta K (bez N), varianta bez IN, varianty s N-hnojivy bez IN a varianty s N-hnojivem za přídavku IN. Od každé varianty bylo založeno pět dóz, které byly odebrány k rozborům za 2, 5, 7, 9 a 12 týdnů. Při inkubaci v termostatu byla zemina v dózách pravidelně provzdušňována a ovlhčována na počáteční vlhkost. Při jednotlivých odběrech půdních vzorků bylo vždy ze dvou opakování stanoveno množství amoniakálního (kolorimetricky Nesslerovým činidlem) a nitratového dusíku (ISE — Crytur) ve výluhu zeminy 10% roztokem síranu draselného (poměr 1 : 5). Orientačně byla zjišťována přítomnost nitritů (kolorimetricky Griessovým činidlem). Souběžně se stanovením jednotlivých forem minerálního dusíku byla interferometricky zjišťována respirační aktivita půdních vzorků (Novák et al., 1974) po 20h inkubaci v termostatu při 28 °C za přídavku a bez přídavku uhlíkatého zdroje glukózy.

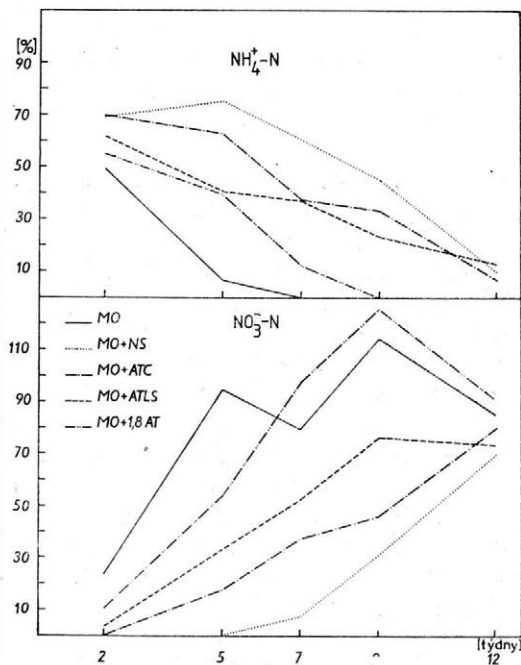
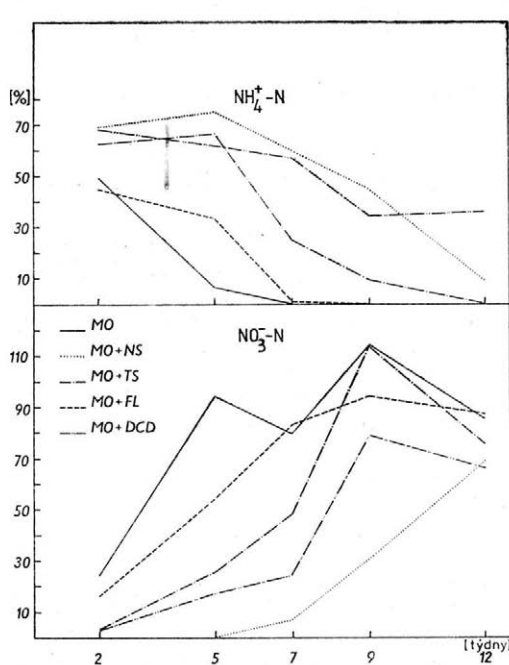
VÝSLEDKY

Výsledky uvedené na obr. 1 až 4, které se týkají vlivu IN na přeměnu dusíku močoviny nebo DAM 390, jsou uváděny 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. V grafech na obr. 5 a 6 je uvedeno množství CO_2 v mg na 100 g suché zeminy, zjištěné z rozdílu množství CO_2 naměřeného po 20h inkubaci při 28 °C s přídavkem a bez přídavku glukózy.

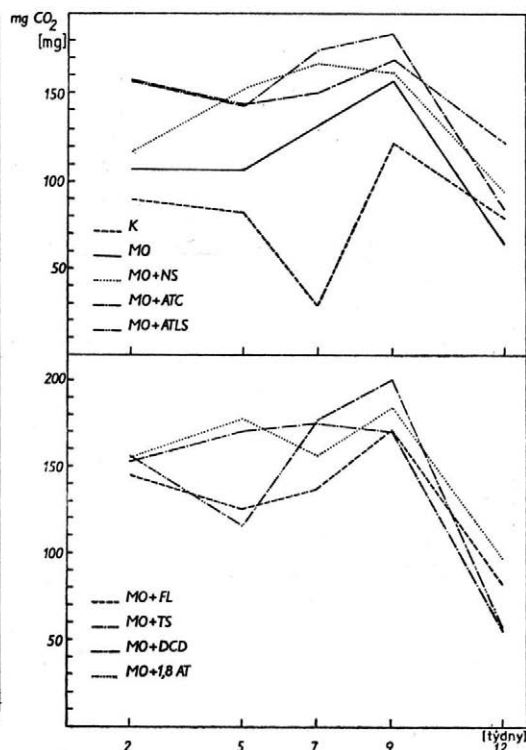
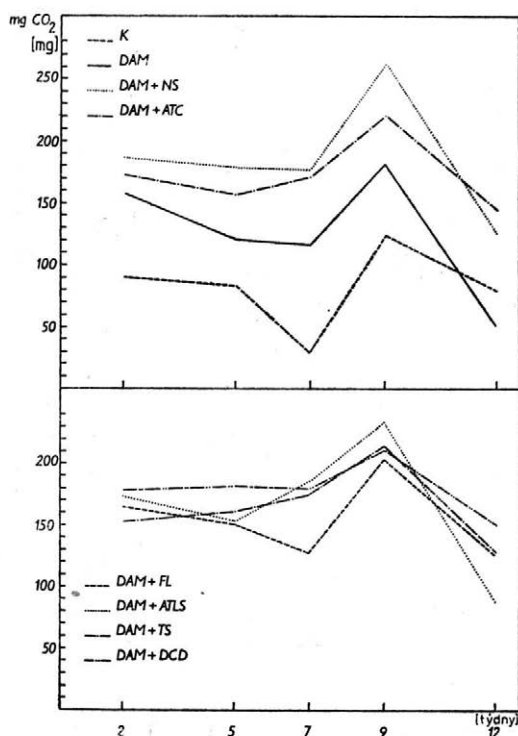
Je zřejmé, že všechny sledované varianty s IN účinně inhibovaly nitrifikaci v průběhu pěti až sedmi týdnů, a to jak při zapravení s DAM (obr. 1, 2), tak s MO (obr. 3, 4). Ve variantách bez IN bylo zjištěno nejvíce NO_3^- -N po zapravení DAM za pět týdnů (133 % vzhledem k původně aplikovanému množství dusíku) a po zapravení MO za devět týdnů po aplikaci (115 %). U variant s DAM byl při odběrech patrný



1. a 2. Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku DAM 390 v zemině hnědozemě (Ruzyně) při 28 °C — The effect of nitrification inhibitors on the conversion of DAM 390 nitrogen in the grey-brown podzolic soil (Ruzyně) at 28 °C



3. a 4. Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku močoviny v zemině hnědozemě (Ruzyně) při 28 °C — The effect of nitrification inhibitors on the conversion of urea nitrogen in grey-brown podzolic soil (Ruzyně) at 28 °C



5. a 6. Vliv inhibitorů nitrifikace aplikovaných s DAM 390 na produkci CO₂ (mg na 100 g suché zeminy) v zemině hnědozemě (Ruzyně) — The effect of nitrification inhibitors applied together with DAM 390 on CO₂ production (mg per 100 g of dry soil) in grey-brown podzolic soil (Ruzyně)

Uveden rozdíl hodnot zjištěných s přidavkem a bez přidavku glukózy

NO₃⁻-N obsažený v hnojivu (25 %). Nitrity nebyly při jednotlivých odběrech zjištěny ani u jedné z variant.

Jako nejúčinnější se z IN projevil N-Serve, který při zapravení s DAM silně inhiboval nitrifikaci během celého pokusu (12 týdnů), při zapravení s MO devět týdnů, ze kterých byla nitrifikace plně potlačena pět týdnů. Co se týká inhibičních účinků, klesala účinnost jednotlivých inhibitorů v pořadí: N-Serve > Didin > ATC > ATLS ≥ TS > FL-426; ATLS a TS působily přibližně stejně. Vzorek MO obsahující 1,8 % AT inhiboval nitrifikaci slaběji než všechny sledované IN. FL-426 měl výraznější inhibiční účinky při zapravení s MO než s DAM.

Respirační aktivita půdních vzorků, tj. produkce CO₂ na 100 g suché zeminy (obr. 5, 6), byla ze všech variant nejnižší u kontrolní varianty, tj. bez N, bez IN. Po aplikaci N-hnojiv bez IN (DAM, MO) bylo zjištěno nižší množství CO₂ než ve všech variantách s IN. Ve variantě s DAM bylo patrně vyšší množství CO₂ ve srovnání s variantou s MO. V průběhu pokusu bylo zjištěno nejvyšší množství CO₂ za devět týdnů po založení pokusu. Zjištěné rozdíly v množství CO₂ byly mezi variantami s jednotlivými IN nižší než zjištěné rozdíly v množství amoniakálního a zejména nitrátového dusíku u těchto variant. Vliv IN na množství zjištěného CO₂ se lišil v závislosti na použitém hnojivu. Ve variantách

s DAM bylo zjištěno nejvíce CO₂ po zapravení N-Serve, nejméně po použití FL-426. Rozdíly mezi dalšími variantami s IN nebyly podstatné. Ve variantě s MO bylo zjištěno nejvyšší množství CO₂ po aplikaci přípravku Didin, u ostatních variant byly výsledky kolísavé.

DISKUSE

Uvedené výsledky jsou součástí systematického sledování problematiky inhibitorů nitrifikace v podmínkách naší republiky. Opět se potvrdily naše předcházející poznatky (Lišťanská, 1984), že N-Serve patří mezi nejúčinnější IN, což je v souladu s výsledky i jiných autorů (Maddux et al., 1985 a další). Z hlediska inhibičních vlivů na nitrifikaci působily účinně i nové pokusně připravené vzorky ATLS a TS z VŠCHT v Pardubicích. Jako velmi nadějný se ukazuje dikyandiamid, který z hygienického a toxikologického hlediska má značnou přednost, protože po rozkladu nezanechává v půdě rezidua (Amberger, 1986). Pro komplexnost sledování jsme považovali za vhodné doplnit výsledky přeměn dusíku v půdě poznatky ze sledování vlivu nových typů IN na respirační aktivitu v půdě. Ukázalo se, že žádný z nově sledovaných IN nepotlačil veškerou mikrobiální činnost v půdě. Sanikidze et al. (1987) zjistili, že po zapravení granulované močoviny obsahující 15 % dikyandiamidu se v půdě lyzimetrů zvýšil počet nitrifikačních, denitrifikačních a amonizačních mikroorganismů a zvýšila se aktivita některých enzymů, např. ureázy, nitrátoreduktázy, invertázy atd. V naší práci byly zřejmě obdobné tendence jako u dřívějších sledování (Lišťanská, Apltauer, 1976), kdy při účinnější inhibici nitrifikace se projevovала vyšší produkce CO₂. Nejnížší respirační aktivita byla zjištěna u kontrolní varianty, po té u variant s N-hnojivem bez IN a nejvyšší byla patrná u variant s přípravky N-Serve a Didin, i když po zapravení dalších IN nebyly rozdíly mezi variantami s IN velké. Vyšší produkci CO₂ ve variantách s DAM ve srovnání s MO lze objasnit z rozdílného složení obou hnojiv, zejména s ohledem na obsažený nitrátový dusík v kapalném hnojivu DAM.

O konečném používání IN v našich podmínkách by měla rozhodnout nejen jejich účinnost v pokusech, včetně polních vegetačních, ale také ekonomická dostupnost a hygienické aspekty.

Literatura

- AMBERGER, A.: Potentials of nitrification inhibitors in modern N-fertilizer management. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 149, 1986, s. 469-484.
- GUTHRIE, T. F. — BOMKE, A. A.: Nitrification inhibition by N-Serve and ATC in soils of varying texture. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 44, 1980, s. 314-320.
- HAUCK, R. D.: Technological approaches to improving the efficiency of nitrogen fertilizer use by crop plants. In: Nitrogen in Crop Production, Wisconsin, USA, 1984, s. 551-560.
- LIŠŤANSKÁ, J.: Ovlivnění přeměny dusíku v půdě novými typy inhibitorů nitrifikace při různých podmínkách. Rostl. Výr., 30, 1984, č. 11, s. 1213-1224.
- LIŠŤANSKÁ, J. — APLTAUER, J.: Ovlivnění přeměny dusíku močoviny inhibitory nitrifikace AM a N-Serve. Rostl. Výr., 22, 1976, č. 2, s. 151-161.
- MADDUX, L. D. — KISSEL, D. E. — BALL, J. D. — RANEY, R. J.: Nitrification

inhibition by nitrapyrin and volatile sulfur compounds. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 49, 1985, s. 239-242.

NOVÁK, B. — POKORNÁ-KOZOVÁ, J. — APFELTHALER, R.: Estimation of available nitrogen in soil from respiration data. Agrártudom. Közlem., 33, 1974, s. 113-116.

SANIKIDZE, G. S. — GAMKRELIDZE, K. I. — GOGORIKIDZE, N. I.: Vlijanije novykh form kapsulirovannykh i ingibirovannykh azotnykh udobrenij na čislennost mikroorganizmov i aktivnost fermentov v krasnozemnykh počvach. Subtrop. Kul't., 1987, s. 139-143.

SLANGEN, J. H. G. — KERHOFF, F.: Nitrification inhibitors in agriculture and horticulture: A literature review. Fertil. Res., 5, 1985, s. 1-76.

SMIRNOV, P. M.: Osnovnyje rezultaty izučeniya ingibitora nitrifikacii N-Serve. In: The Dow Chemical Co. Int. N-Serve Symp. Plovdiv, BLR, únor 1981.

TOMAN, J. — SOCHA, J.: Jak zlepšit využití dusíkatých hnojiv. Vesmír, 62, 1983, s. 46-47.

WALTER, R. — HARTBRICH, H. J. — LANG, S. — GÜNTHER, K.: Die nitrifizierende Wirksamkeit von 1-Carbamoyl-3(5)-methylpyrazol (CMP) und 2-Chlor-6-trichlor-methyl pyridin (nitrapyrin) in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt, von der Kationennumtauschkapazität und dem pH-Wert. Arch. Acker- und Pfl.-Bau Bodenkde, 30, 1986, s. 139-147.

Došlo dne 25. 3. 1988

ЛИШТЯНСКА, Я. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага-Ружыне): Влияние новых типов ингибиторов нитрификации на превращение азота и респирационную активность в почве. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 961-967.

В модельном лабораторном опыте при температуре 28 °C в течении 12 недель наблюдали в грунте бурозема влияние ингибиторов нитрификации на превращение азота мочевины и DAM 390 на респирационную активность почвенных образцов. Продаваемые фирменные препараты (N-Serve 240, ATC-60 и дидин) сравнивались с опытно подготовленными образцами в ЧССР (ATLS-60, TS-60, MO + 1,8 % AT) и ГДР (FL-426). Ингибирующее влияние препаратов, которое проявилось в течении 5—12 недель понижалось в следующем ряду: N-Serve > дидин > ATC > ATLS > TS > FL > MO + 1,8 % AT. Влиянием ингибитора увеличивалась продукция CO₂; разницы в установленном количестве CO₂ у отдельных вариантов были ниже, чем у установленного количества аммонийного и нитратного азота. В вариантах с DAM 390 была продукция CO₂ более высокая, чем в вариантах с мочевиной.

бурозем; превращение азота в почве; респирационная активность в почве; мочевины; DAM 390; ингибиторы нитрификации N-Serve, ATC-60, дидин; ATLS-60, TS-60, FL-426; мочевины с 1,8 % AT

LIŠTANSKÁ, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): The Effect of New Types of Nitrification Inhibitors on Nitrogen Conversion and Respiration Activity in the Soil. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 961-967.

A model laboratory trial was conducted at the temperature of 28 °C for 12 weeks to study the effect of nitrification inhibitors on the conversion of urea and DAM 390 nitrogen and on respiration activity in samples of grey-brown podzolic soil. The commercial products (N-Serve 240, ATC-60 and Didin) were compared with preparations experimentally formulated in Czechoslovakia (ATLS-60, TS-60, MO + 1.8 % AT) and in the GDR (FL-426). The preparations could be arranged in the following descending order as for their inhibitive effect which persisted for 5 to 12 weeks: N-Serve > Didin > ATC > ATLS ≥ TS > FL > MO + 1.8 % AT. CO₂ production increases as a result of the inhibitors. The differences in the amount of CO₂ were smaller than those in the amounts of ammonia and nitrate nitrogen. In the variants with DAM 390 the output of CO₂ was higher than in the variants with urea.

grey-brown podzolic soil; nitrogen conversion in soil; respiration activity of soil; urea; DAM 390; nitrification inhibitors N-Serve, ATC-60, Didin, ATLS-60, TS-60, FL-426; urea with 1.8 % AT

LIŠŤANSKÁ, J. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Einfluß neuer Typen von Nitrifikationsinhibitoren auf die Stickstoffumwandlung und die Respirationsaktivität im Boden*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 961-967.

In einem Modellaborversuch wurde bei 28 °C Temperatur im Verlauf von 12 Wochen im Bodensubstrat aus Braunerde der Einfluß von Nitrifikationsinhibitoren auf die Umwandlung des Harnstoff- und DAM 390-Stickstoffs und auf die Respirationsaktivität von Bodenproben untersucht. Kommerzielle Präparate (N-Serve 240, ATC-60 und Didin) wurden mit in der ČSSR und der DDR experimentell zubereiteten Proben (ATLS-60, TS-60, Harnstoff + 1,8 % AT bzw. FL-426) verglichen. Der Inhibitionseinfluß der Präparate, der sich im Verlauf von 5 bis 12 Wochen bemerkbar machte, wies folgende Reihenfolge der abnehmenden Wirkung auf: N-Serve > Didin > ATC > ATLS ≥ TS > FL > Harnstoff + 1,8 % AT. Anhand des Inhibitoreinflusses erhöhte sich die CO₂-Produktion; die Unterschiede in der ermittelten CO₂-Menge waren bei den einzelnen Varianten niedriger als bei der ermittelten Menge des Ammoniak- und Nitratstickstoffs. In den Varianten mit DAM 390 lag die CO₂-Produktion höher als in den Varianten mit Harnstoff.

Braunerde; Stickstoffumwandlung im Boden; Respirationsaktivität des Bodens; Harnstoff; DAM 390; Nitrifikationsinhibitoren N-Serve, ATC-60, Didin, ATLS-60, TS-60, FL-426; Harnstoff mit 1,8 % AT

Adresa autorky:

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

Výběr z nových titulů Ústřední zemědělské a lesnické knihovny

- Intensivnaja kultura rastěnij v isskustvennych uslojivach.**
Minsk, 1988. E 46.515
- JARL, C. I.: Photosynthesis Defective Male-Sterile Rapeseed Characterization and Corrections.**
Svalöv, 1988. D 80.448
- KOHL, J. G.: Ökophysiologie der Algen.**
Berlin, 1988. D 79.077
- LEWIN, B.: Geny.**
Moskva, 1987. C 30.501
- Official United States Standards for Grain.**
Washington, 1988. C 30.568
- PERESYPKIN, V. F.: Atlas boleznej polevyh kultur.**
Kijev, 1987. C 30.562
- Pesticidy dnes, pesticidy zítra — ekonomika jejich využití každý den.**
Chlum u Třeboně, 1987. D 80.458
- Reviews of Environmental Contamination and Toxicology.**
Berlin, 1988. D 39.670/102
- Sklizeň, konzervace a využití celých porostů obilnin a luskovin (Metoda GPS).**
Praha, 1988. E 45.332/1988/8
- Small Grains. Performance Test 1986—1987.**
Georgia, 1987. C 17.756/541
- Sortenratgeber landwirtschaftliches Saat- und Pflanzgutgetreide.**
Berlin, 1987. E 46.505/1
- SPAAR, D.: Bekämpfung von Viruskrankheiten der Kulturpflanzen.**
Berlin, 1987. D 80.235
- Tvorba a pícninářské využití mezidruhových hybridů trav.**
Hladké Životice, 1987. C 30.581
- Tvorba a využití organických hnojiv. Sborník referátů.**
Praha, 1987. D 80.024

E. Kopčanová, E. Bumbala

KOPČANOVÁ, E. — BUMBALA, E. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Tiomočovina ako inhibítor nitrifikácie*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9): 969-976.

V poľnom pokuse na nivnej pôde pod fóliovníkom sme sledovali inhibičný vplyv tiomočoviny na priebeh nitrifikácie a porovnávali s N-Serve. Pestovanou plodinou bol hlávkový šalát. V hnojených variantoch bola použitá jednotná dávka dusíka 180 kg/ha v roku 1986 a 100 kg/ha v roku 1987. Tiomočovina tvorila 10 a 20% podiel v zmesi s močovinou; N-Serve bol aplikovaný v 30% koncentrácii z dávky dusíka. Tiomočovina v oboch pomeroch inhibovala produkciu nitrátov a pôsobila na zvýšenú akumuláciu amoniakálneho dusíka v pôde. V porovnaní s prípravkom N-Serve trvala inhibícia nitrifikácie kratší čas, ale akumulácia $\text{NH}_4^+\text{-N}$ bola vyššia. Počas celého vegetačného obdobia hlávkového šalátu bolo v pôde najviac anorganického dusíka vo variante s použitím zmesi 80 % močoviny a 20 % tiomočoviny. Použitie tejto zmesi v porovnaní s močovinou umožňuje zníženie dávky dusíka.

nitrifikácia; inhibícia nitrifikácie; N-Serve; tiomočovina; hlávkový šalát

Jednou z možností zvyšovania efektívnosti dusíkatých hnojív je regulácia činnosti nitrifikačných baktérií inhibítormi nitrifikácie. Údaje o vplyvoch inhibítorov na zvyšovanie využiteľnosti dusíka sú rozdielne. Najviac pozitívnych údajov sa týka prípravku N-Serve pri jeho aplikácii v technológii pestovania ozimín a kukurice na siláž (Glintić, Stancević, 1981; Tichonenko et al., 1983; Kopčanová et al., 1985; Malzer, Randall, 1985 a ďalší). Niektorí autori uvádzajú, že rastliny síce prijmú viac dusíka z hnojív, ale bez vplyvu na úrodu, zvyšuje sa len jeho obsah v biomase (Rempe et al., 1979; Balík, 1982; Matula et al., 1982; Matousch, 1983). Podľa iných autorov je pri použití inhibítorov nitrifikácie podiel prijatého nitrátového dusíka podstatne nižší, čo je dôležité najmä pri pestovaní zeleniny (Moore, 1973). Potrebné je doriešiť aj priamy ekologický dopad používania inhibítorov, produktov a medziproduktov ich rozkladu, najmä inhibítorov syntetizovaných na báze chlórovaných uhľovodíkov. Z tohto dôvodu sme sa zaoberali tiomočovinou, ktorej produkty rozkladu by mali byť ekologicky nezávadné.

MATERIÁL A METÓDY

V rokoch 1986 a 1987 sme sledovali inhibičný vplyv tiomočoviny na nitrifikáciu a porovnávali jej účinnosť s inhibítorom N-Serve. Stanovištom pokusu bola nivná pôda v katastri JRD Dolná Seč, okres Levice, využívaná na pestovanie zeleniny pod fóliovníkmi.



Charakteristika stanovišťa:

$C_{ox} = 1,5 - 1,6 \%$; $N_T = 0,17$ a $0,26 \%$; $pH(H_2O) = 7,9$; $pH(KCl) = 6,9$; $C : N = 7,0$ a $6,2$. Plocha variantu bola 10 m^2 .

Varianty pokusu:

- I. variant — kontrola;
- II. variant — močovina + PK;
- III. variant — 90% močovina + 10% tiomočovina + PK;
- IV. variant — 80% močovina + 20% tiomočovina + PK;
- V. variant — močovina + 3% N-Serve + PK.

Dávky živín v kg/ha ($N : P : K = 1 : 0,17 : 0,44$):

	1986	1987
N (močovina a tiomočovina)	180	100
P (superfosfát)	30	17
K (síran draselný)	80	44

Použitou plodinou bol hlávkový šalát, spon $0,25 \times 0,20 \text{ m}$, hnojenie bolo aplikované v dvoch termínoch 27. 3. 1986 a 21. 4. 1987, výsadba 1. 4. 1986 a 24. 4. 1987, zber 5. 5. 1986 a 2. 6. 1987.

Doba odberu pôdných vzoriek (hĺbka $0,02$ až $0,15 \text{ m}$):

1. odber	7. 4. 1986	27. 4. 1987
2. odber	14. 4. 1986	4. 5. 1987
3. odber	21. 4. 1986	11. 5. 1987
4. odber	29. 4. 1986	25. 5. 1987
5. odber	5. 5. 1986	2. 6. 1987

Pôdne vzorky sme analyzovali na tieto ukazovatele:

- 1. vlhkosť pôdných vzoriek (gravimetricky);
- 2. plná vodná kapacita (gravimetricky);
- 3. NH_4^+-N v dobe odberu vzoriek (kolometricky s Nesslerovým činidlom);
- 4. $NO_3^- - N$ v dobe odberu vzoriek (kolometricky s kyselinou fenoldisulfónovou);
- 5. NH_4^+-N po 14dennej inkubácii pôdných vzoriek (25°C a 60% PVK);
- 6. $NO_3^- - N$ po 14dennej inkubácii pôdných vzoriek (25°C a 60% PVK);
- 7. intenzita nitrifikácie v inkubovaných pôdných vzorkách;
- 8. zemina pred hnojením, analyzovaná na C_{ox} , N_T , $pH(H_2O)$, $pH(KCl)$.

VÝSLEDKY

Premeny a dynamika minerálneho dusíka boli v pôde pokusných variantov sledované v týždňových intervaloch. Časový posun založenia pokusu v roku 1987 bol spôsobený oneskorenou vegetáciou.

Na premenlivosť množstva amoniakálneho dusíka vplývalo v prvom rade hnojenie a použitie inhibítorov nitrifikácie. V kontrolnom nehnojenom variante boli hodnoty NH_4^+-N po celé pokusné obdobie nemerateľné, alebo len na hranici analytickej dokázateľnosti. Amoniak uvoľňovaný mineralizačnými procesmi sa biologicky imobilizoval alebo nitrifikoval. Množstvo nitrátových iónov v pôde tohto variantu počas vegetácie hlávkového šalátu poukazuje na potrebu hnojenia dusíkom, ale nie na jeho úplný nedostatok, najmä v roku 1987.

Veľkú nitrifikačnú aktivitu pôdy sledovaného stanovišťa potvrdili premeny dusíka vo variante II pohnojenom močovinou. Hydrolýza močoviny prebehla veľmi rýchlo, uvoľňovaný amoniak súčasne podliehal biologickej oxidácii. Týždeň po hnojení sme zistili v roku 1986 len $17,2 \text{ mg}$ a v roku 1987 $18,6 \text{ mg}$ NH_4^+-N na 1 kg zeminy. V ostatných odberoch, rovnako ako vo variante I, boli už hodnoty nemerateľné. Produkcia nitrátov zodpovedala dávke dusíka v jednotlivých pokusných rokoch

a ekologickým faktorom, najmä vlhkosti a teplote. V roku 1986 už v prvom týždni po hnojení predstavovalo množstvo nitrátov 66,9 mg/kg zeminy. Rýchla nitrifikácia bola podmienená okrem vhodných vlastností pôdy priaznivými vlhkosťnými a tepelnými pomermi pod fóliovníkom (58 % PVK, 12 až 15 °C). V ďalšom pokusnom období bolo množstvo nitrátov stále vysoké, priemerná hodnota za celú pokusnú dobu bola 48,4 mg NO_3^- -N na 1 kg zeminy. V roku 1987 bola použitá znížená dávka dusíku (100 kg/ha). Tepelné podmienky po založení pokusu boli pre nitrifikáciu menej priaznivé (3 až 5 °C) a vlhkosť dosahovala 30 až 33 % PVK. Produkcia nitrátov bola znížená, v prvom týždni sme zistili len 16,4 mg/kg zeminy. S otepľovaním pôdy nitrátov pribúdalo, maximum bolo vo štvrtom týždni po hnojení (44,5 mg/kg zeminy). Priemerná hodnota nitrátov za celé pokusné obdobie bola 31,7 mg/kg zeminy, nižšia ako v roku 1987, ale ešte stále vysoká, čo signalizuje nutnosť zníženia aj tejto dávky dusíka, a to i bez použitia inhibítorov nitrifikácie.

Vo variantoch s inhibítormi nitrifikácie (III, IV a V) bola situácia v premenách dusíka odlišná. Hydrolýza močoviny bola intenzívna, ale produkcia nitrátov silne potlačená. Doba inhibičného vplyvu bola rozdielna podľa použitých inhibítorov, dávky dusíka a podmienok pokusného roka.

V roku 1986 sa účinok tiomočoviny a N-Serve prejavil v uchovaní veľkého množstva amoniakálneho dusíka v pôde a tiež v zníženej tvorbe nitrátov. Zmeny v množstve NH_4^+ -N mali vo variantoch s tiomočovinou v podstate rovnaký priebeh. Najvyššie hodnoty boli namerané týždeň po hnojení (112,7 a 105,2 mg/kg zeminy), o ďalší týždeň klesli približne na polovicu a na konci vegetácie boli už nízke (9,5 a 9,0 mg/kg zeminy). Priemerné hodnoty oboch variantov s tiomočovinou boli veľmi vyrovnané (49,8 a 46,7 mg NH_4^+ -N na 1 kg zeminy), vo variante s N-Serve o niečo vyššie (59,6 mg). Znížená produkcia nitrátov vplyvom tiomočoviny bola vysokopreukazná do tretieho týždňa po aplikácii hnojív, potom sa hodnoty nitrátového dusíka vyrovnávali s hodnotami v druhom variante (močovina bez inhibítorov). N-Serve brzdil tvorbu nitrátov celých päť týždňov, ich množstvo predstavovalo v priemere 55 % z produkcie variantu II.

V pokusnom roku 1987 bola tendencia pôsobenia použitých inhibítorov rovnaká ako v predchádzajúcom roku, ale rozdielna bola účinnosť jednotlivých koncentrácií tiomočoviny a N-Serve. Vo variante III s 10 % tiomočoviny sa amoniakálny dusík udržal v pôde tri týždne po hnojení, v ostatnom čase boli jeho hodnoty nemerateľné, ale znížená produkcia nitrátov pretrvávala po celú pokusnú dobu, v priemere dosahovala 60 % z množstva variantu II. Pri použití 20 % tiomočoviny akumulácia iónov NH_4^+ -N bola tiež najvyššia prvé tri týždne, ale pretrvávala až do konca vegetácie. Priemerná hodnota v porovnaní s variantom III bola približne o 30 % vyššia. Množství nitrátového dusíka bolo v oboch variantoch s tiomočovinou rovnocenné. V účinku na zníženie tvorby nitrátov sa N-Serve tiomočovine vyrovnal, ale množstvo NH_4^+ -N bolo v tomto variante nižšie. Získané výsledky uvádzajú tab. I a II.

Pôdne vzorky z jednotlivých odberov sme podrobili ďalšiemu testovaniu z hľadiska premien dusíka, a to stanoveniu nitrifikačnej aktivity v optimálnych laboratórnych podmienkach s elimináciou rastlín a vyplavovania nitrátov (tab. III). Prírastok nitrátov za 14 dní inkubácie bol

I. Množstvo $\text{NH}_4^+\text{-N}$ v dobe odberu pôdnych vzoriek v mg/kg sušiny zeminy — The amount of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ at soil sampling time in mg per kg of soil dry matter

Rok	Odbery	Varianty				
		I	II	III	IV	V
1986	1	0,0	17,20	112,69	103,24	82,45
	2	0,0	0,0	47,50	46,64	52,72
	3	0,0	0,0	71,00	48,93	48,87
	4	0,61	0,59	8,28	25,54	32,59
	5	0,0	0,30	9,53	9,09	81,47
	d^+ 32,73 d^{++} 45,08 pre varianty a odbery					
1987	1	0,0	18,60	34,16	45,01	32,50
	2	0,0	1,43	48,62	48,36	10,15
	3	1,05	2,12	28,50	43,70	17,95
	4	0,0	0,27	0,00	10,15	6,19
	5	0,15	0,27	0,90	15,49	0,07
	d^+ 15,70 d^{++} 21,62 pre varianty a odbery					

II. Množstvo $\text{NO}_3^-\text{-N}$ v dobe odberu pôdnych vzoriek v mg/kg sušiny zeminy — The amount of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ at soil sampling time in mg per kg of soil dry matter

Rok	Odbery	Varianty				
		I	II	III	IV	V
1986	1	8,04	66,92	28,85	11,14	24,52
	2	4,12	21,99	32,16	25,45	18,39
	3	4,69	72,93	84,59	63,52	34,60
	4	6,84	34,01	39,95	89,66	31,71
	5	5,62	46,34	48,77	25,29	21,86
	d^+ 27,16 d^{++} 37,41 pre varianty a odbery					
1987	1	12,00	16,41	9,90	8,75	15,74
	2	15,64	28,12	18,66	17,10	17,99
	3	11,64	36,71	23,72	21,54	14,23
	4	20,52	44,47	23,12	22,52	33,44
	5	13,62	33,00	19,80	42,52	19,15
	d^+ 9,90 d^{++} 13,63 pre varianty a odbery					

III. Intenzita nitrifikácie po 14dennej inkubácii pôdnych vzoriek v mg/kg sušiny zeminy — Nitrication rate after 14-day incubation of soil samples in mg per kg of soil dry matter

Rok	Odbery	Varianty				
		I	II	III	IV	V
1986	1	8,04	32,52	79,01	205,36	79,70
	2	8,35	22,61	82,94	52,69	80,00
	3	5,64	6,88	93,05	54,40	65,57
	4	9,63	19,94	30,61	48,33	36,98
	5	2,13	4,76	16,73	9,78	13,91
		d^+ 49,65	d^{++} 68,39	pre varianty a odbery		
1987	1	1,64	13,68	30,68	38,53	35,21
	2	14,39	22,31	78,61	69,35	32,33
	3	9,14	5,75	37,57	36,94	34,68
	4	19,58	17,56	16,30	17,55	32,19
	5	5,66	8,72	8,68	19,88	6,02
		d^+ 19,61	d^{++} 27,01	pre varianty a odbery		

podmieneny prítomnosťou iónov $\text{NH}_4^+\text{-N}$ a ľahko hydrolyzovateľného dusíka, na čo vplývalo hnojenie, použitie inhibítorov nitrifikácie a doba odberu pôdnych vzoriek. Nitrifikácia v kontrolnom variante predstavovala približne rovnaké množstvo nitrátov, aké bolo v poľných podmienkach v dobe odberu vzoriek. Vo variante II bol prírastok nitrátov v oboch pokusných rokoch v porovnaní s kontrolou vyšší, ale rozdiely neboli štatisticky preukazné. V tomto variante mali nitrifikačné baktérie k dispozícii málo iónov $\text{NH}_4^+\text{-N}$, pretože amoniak uvoľňovaný z močoviny a pôdnych zásob znitrifikoval z prevažnej časti ešte na stanovišti. Účinok tiomočoviny a N-Serve bol podľa očakávania veľmi silný. Ich pôsobenie začalo priamo na stanovišti v uchovaní väčšieho množstva amoniakálneho dusíka, ktorý po prenesení zeminy do laboratórnych podmienok znitrifikoval. Vplyv tiomočoviny bol silnejší ako N-Serve a medzi jej použitými dávkami bol rozdiel v priamej korelácii s vyššou koncentráciou.

Uvedené výsledky potvrdili inhibičné vlastnosti tiomočoviny na nitrifikáciu. V porovnaní s N-Serve brzdila tiomočovina produkciu nitrátov kratší čas, ale uchovávala v pôde väčšie množstvo amoniakálneho dusíka.

DISKUSIA

Nívné pôdy pri dolných tokoch riek sa pre svoju vysokú úrodnosť často využívajú pre pestovanie zahradníckych kultúr. Intenzívne hnojenie, dobrá biologická aktivita, vrátane nitrifikácie, premyvny režim a časté závlahy vytvárajú predpoklady pre väčšie straty dusíka vyplávaním nitrátov, denitrifikáciou, ale aj vyprchávaním amoniaku.

Pôda pokusného stanovišťa v dolnom povodí rieky Hron (okres Levice) má stredne dobrú zásobu organickej hmoty, veľmi dobrú zásobu organických dusíkatých látok a alkalickú reakciu. Úzky pomer C:N svedčí o prevahe mobilizácie dusíka nad jeho imobilizáciou, v dôsledku čoho dochádza k akumulácii anorganického dusíka, najmä k akumulácii nitrátov. Intenzívne obhospodarovanie a zmena podmienok pod fóliovníkmi ovplyvňujú pôdnomikrobiologické procesy. Postupujúce zmeny sa prejavujú redukciou počtu druhov mikroskopických húb (Kopčanová et al., 1988) a znižovaním pôdnej úrodnosti. Obmedzenie vzniku pôdnej únavy vo fóliovníkoch vyžaduje komplexné riešenie mnohých faktorov. Z mikrobiologického hľadiska sa ukazujú ako kardinálne dva faktory: pravidelný prísun vhodných energetických zdrojov pre pôdnu mikroflóru a racionálna chemizácia. Inhibícia nitrifikácie je doplnkovým riešením pri racionalizácii používania dusíkatých hnojív.

Doterajšie výsledky z používania inhibítorov nitrifikácie sú čiastočne protichodné, ale väčšina z nich dokumentuje pozitívny účinok — zníženie dávok dusíka pre dosiahnutie rovnakých úrod, obmedzenie kontaminácie podzemných vôd nitrátmi, vyššia biologická hodnota rastlinných produktov a pod. (Smirnov, 1980; Lišťanská, 1983; Kopčanová et al., 1985; Malzer, Randall, 1985; Rodgers, 1986).

Tiomočovina ako inhibítor nitrifikácie prejavila v dvojročných poľných pokusoch dvojaký účinok. Výraznejší a z hľadiska kvantifikácie jasnejší bol vplyv na obmedzenie tvorby nitrátov a uchovanie väčšieho množstva amoniakálneho dusíka v pôde. Druhý účinok sa prejavil vo zvýšenom uvoľňovaní dusíka z pôdných zásob, čoho priamym dokladom sú veľmi vysoké prírastky nitrátov v inkubovaných pôdných vzorkách. Tento poznatok vyžaduje ešte ďalšie overenie.

V roku 1986 bola použitá dávka dusíka 180 kg/ha, v ktorej dusík tiomočoviny predstavoval 10 % vo variante III; 20 % vo variante IV a vo variante V bol v tejto dávke použitý N-Serve v 30 % koncentrácii. Inhibítor N-Serve a obidve zmesi močoviny s tiomočovinou podmienili vysokú akumuláciu amónnych iónov v pôde. Priemerné množstvo anorganického dusíka je v poradí uvedených variantov o 86, 72 a 85 % vyššie ako vo variante II (52 mg N_{an} na 1 kg zeminy). Vysoká akumulácia anorganického dusíka poukázala na nadmernosť použitej dávky, ktorú sme v roku 1987 znížili na 100 kg/ha. Pri tejto dávke sa prejavila diferenciácia v účinnosti inhibítorov. Najväčšie množstvo anorganického dusíka počas vegetácie bolo v pôde s aplikáciou 20 % tiomočoviny, čo je o 52 % viac ako vo variante II (36 mg/kg zeminy). Vo variante III s 10 % tiomočoviny bolo toto množstvo vyššie len o 14,5 %, N-Serve bol s variantom II rovnocenný. Prítomnosť ešte stále veľkého množstva anorganického dusíka v hnojených variantoch počas celej vegetácie hlávkového šalátu upozorňuje na nutnosť ďalšieho zníženia dávky, najmä pri použití zmesi močovina + 20 % tiomočoviny.

Prítomnosť veľkého množstva amónnych iónov v pôde ako následok nadmerného hnojenia a inhibítorov nitrifikácie je nežiadúca až škodlivá. Môže sa prejavíť ich toxický vplyv na pestovanú plodinu (Kopčanová et al., 1985). Preto je dôležité uvážiť dávku dusíka s použitím inhibítorov nitrifikácie.

Pôsobenie tiomočoviny na sprístupňovanie dusíka z pôdných zásob možno čiastočne vysvetliť. Molekula tiomočoviny je malá, rovnako ako

molekula močoviny prechádza cez cytoplazmatickú membránu mikroorganizmov a zapája sa do ich vnútrobunkového metabolizmu. Síra tiomočoviny môže byť využitá pri syntetických procesoch. Ak sa prítomnosťou síry urýchli syntéza bunkových substancií, potom je potrebný aj zvýšený prívod dusíka a energie — rozklad pôdnej organickej hmoty, vrátane organických dusíkatých látok. Zvýšená produkcia CO₂ v pôdných vzorkách ošetrovaných tiomočovinou tomu nasvedčuje (K o p č a n o v á et al., 1988).

Konečný efekt vplyvu inhibítorov nitrifikácie sa prejavuje na výške úrody a jej kvalite. Najvyššie úrody hlávkového šalátu boli na variantoch s oboma koncentraciami tiomočoviny, ale obsah nitrátov, rovnako aj v ostatných hnojených variantoch, presahoval hodnotu 2000 mg/kg biomasy šalátu. Pozitívny vplyv na zníženie obsahu nitrátov sa môže prejaviť pri nižších dávkach dusíka. K takémuto poznaniu dospeli aj Moore (1973) a Matousch (1983).

Z doterajších poznatkov sa javí perspektívnosť používania tiomočoviny ako inhibítora nitrifikácie. Pred jej doporučením pre prax je potrebné overiť jej vhodný podiel v dusíkatom hnojive, použitie vo vzťahu k celkovej dávke dusíka, pôdnym podmienkam a pestovanej plodine.

Literatúra

- BALÍK, J.: Příspěvek k bilanci dusíku (¹⁵N) v půdě a jeho využití rostlinami. [Kandidátská disertace.] Praha 1982.
- GLINTIČ, M. — STANCEVIČ, M.: Inhibicija nitrifikacije azota upotrebljenih dubri-va i njen uticaj na prinos ozime pšenice. Agrochemija (Beograd), 1981, č. 1-2, s. 5-13.
- KOPČANOVÁ, L. — STEVLÍKOVÁ, T. — ŘEHOŘKOVÁ, V.: Vplyv rôznej hladiny živín na pôdnomikrobiologické procesy a možnosti ich regulácie. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1985.
- KOPČANOVÁ, L. — BUMBALA, L. — ŘEHOŘKOVÁ, V.: Inhibícia nitrifikácie vo vzťahu k racionálnemu využitiu dusíkatej výživy rastlín. [Záverečná správa.] Nitra, VŠP 1988.
- LIŠTANSKÁ, J.: Možnosti ovlivnění přeměny dusíku v půdě působením inhibitorů nitrifikace. In: Sbor. ČSAZ 69: Optimalizace využití dusíku na tvorbu výnosů. Praha, 1983, s. 122-126.
- MALZER, G. L. — RANDALL, G. W.: Influence of nitrification inhibitors, N source and time of N application on yield and N utilization of corn. J. Fertil. Iss., 1985, č. 4, s. 117-123.
- MATOUSCH, O.: Vliv hnojení dusíkem na výnos a obsah dusičnanů při použití inhibitoru nitrifikace N-Serve. In: Sbor. ČSAZ 69, Optimalizace využití dusíku na tvorbu výnosů. Praha, 1983, s. 76-79.
- MATULA, J. — KNOP, K. — MATOUSCH, O. — VOSTAL, J.: Vliv intenzivního používání N-hnojiv na hromadění nitrátů v produkci, možnost omezení. [Dílčí závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1982.
- MOORE, F.: Down to Earth. 1973, č. 4, s. 4-7.
- REMPE, E. CH. — LAVROVA, I. A. — FELDMAN, E. L. — PAPILOVA, S. S.: Effektivnost azota sernokisloto amonija pri sovместном внесении s ingibitorami nitrifikacii. In: Krugovorot i balans azota v sisteme počva — udobrenija — rastenije — počva. Moskva, Nauka 1979, s. 205-207.
- RODGERS, G. A.: Nitrification inhibitors in agriculture. J. Envir. Sci. Hlth, 21, 1986, č. 7, s. 701-722.
- SMIRNOV, P. M.: Main results of the study of the N-Serve nitrification inhibitor. In: Symp. N-Serve, Taškent, Dow Chemical, 1980.
- TICHONENKO, D. G. — KANIVEC, V. I. — KISEL, I. — KANIVEC, N. A.: Možnosti zlepšení dusíkatého režimu drno-podzolových hlinitopísčitých půd ukrajinského Polesí. In: Sbor. ČSAZ 69: Optimalizace využití dusíku na tvorbu výnosů. Praha, 1983, s. 45-49.

Došlo dňa 25. 3. 1988

КОПЧАНОВА, Л. — БУМБАЛА, Л. (Сельскохозяйственный институт, Нитра): *Тиомочевина — ингибитор нитрификации*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 969-976.

В полевом опыте проводимом на луговой почве под теплицей изучали ингибирующее действие тиомочевины на ход нитрификации и сравнивали с N-Serve. Выращиваемой культурой был кочанный салат. В удобренных вариантах использовали в 1986 году единую дозу азота 180 кг/га а в 1987 году 100 кг/га. Тиомочевина составляла 10 и 20 % смеси с мочевиной; N-Serve применялся в 3 % концентрации от дозы азота. Тиомочевина в обоих соотношениях ингибировала продукцию нитратов и действовала на повышенное накопление аммонийного азота в почве. В сравнении с препаратом N-Serve, ингибирующее действие нитрификации длилось более короткое время, но накопление N-Serve было большим. В течении всего вегетационного периода кочанного салата в почве было наибольшее количество минерального азота в варианте с использованием смеси 80 % мочевины и 20 % тиомочевины. Использование этой смеси в сравнении с мочевиной позволяет понизить дозу азота.

нитрификация; ингибирующее действие нитрификации; N-Serve; тиомочевина; кочанный салат

KOPČANOVÁ, L. — BUMBALA, L. (University of Agriculture, Nitra): *Thiourea as a Nitrification Inhibitor*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 969-976.

A field trial with alluvial soil under plastic film was conducted to study the inhibitive effect of thiourea on the course of nitrification and to compare it with the effect of N-Serve. The crop grown in the trial was lettuce. All the fertilized variants received the same nitrogen application rates of 180 kg per ha in 1986 and 100 kg per ha in 1987. Thiourea constituted 10 and 20 % of the thiourea-urea mixture; N-Serve was applied to form 3 % of the total amount of nitrogen. Thiourea in both proportions inhibited the production of nitrates and supported an increase in the accumulation of ammonia nitrogen in the soil. Compared with N-Serve, the inhibition of nitrification had a shorter duration but the accumulation of NH_4^+-N was higher. Throughout the growing season of lettuce, the amount of inorganic nitrogen in the soil was largest in the variant where the mixture of 80 % of urea and 20 % of thiourea was used. The use of this mixture compared with urea alone enables to reduce the nitrogen application rates.

nitrification; nitrification inhibition; N-Serve; thiourea; lettuce

KOPČANOVÁ, L. — BUMBALA, L. (Landwirtschaftliche Hochschule, Nitra): *Thioharnstoff als Nitrifikationsinhibitor*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 969-976.

In einem Feldversuch auf Auenboden in einem Plastfolienzelt untersuchten wir die Inhibitionswirkung von Thioharnstoff auf den Verlauf der Nitrifikation und verglichen diesen mit N-Serve. Die angebaute Kultur war Kopfsalat. In den gedüngten Varianten wurde eine einheitliche Stickstoffdosis von 180 kg/ha im Jahre 1986 und 100 kg/ha im Jahre 1987 angewandt. Der Thioharnstoff bildete einen 10- und 20 %igen Anteil im Gemisch mit Harnstoff; N-Serve wurde in 3 %iger Konzentration an der Stickstoffdosis appliziert. Der Thioharnstoff inhibierte in beiden Mischungsverhältnissen die Nitratproduktion und bewirkte eine erhöhte Akkumulation des Ammoniumstickstoffs im Boden. Im Vergleich mit dem Präparat N-Serve hielt die Inhibition der Nitrifikation für eine kürzere Zeit an, die NH_4^+-N -Akkumulation war jedoch höher. Im Verlauf der ganzen Vegetationsperiode des Kopfsalats war die höchste Menge an anorganischem Stickstoff im Boden bei der Variante mit der Anwendung von 80 % Harnstoff und 20 % Thioharnstoff zu verzeichnen. Der Einsatz dieser Mischung ermöglicht im Vergleich mit alleinigem Harnstoff eine Herabsetzung der Stickstoffdosis.

Nitrifikation; Nitrifikationsinhibition; N-Serve; Thioharnstoff; Kopfsalat

Adresa autorov:

Doc. ing. Ludmila Kopčánová, CSc., ing. Lubomír Bumbala, Vysoká škola poľnohospodárska, Lomonosovova 1, 949 01 Nitra

J. Apltauer, J. Lišťanská

APLTAUER, J. — LIŠŤANSKÁ, J. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně): *Vliv inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě v polních modelových pokusech*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 977-984.

V polních modelových pokusech založených na hnědozemním půdním typu v Ruzyni byl sledován vliv inhibitorů nitrifikace N-Serve, ATC 60, FL 426 (CMP) na přeměnu a pohyb amoniakálního a nitrátového dusíku v půdě. Zdrojem dusíku bylo kapalně hnojivo DAM 390, výjimečně močovina a prasečí kejda. Hnojiva a inhibitory nitrifikace byly aplikovány koncem října příslušného roku, minerální dusík byl stanovován ve vrstvách půdy v březnu až dubnu. Zjistili jsme, že chování dusíku v půdě ovlivnily především povětrnostní podmínky v jednotlivých letech. U inhibitorů nitrifikace N-Serve, ATC 60 a FL 460 byl zřejmý výrazný inhibiční vliv na průběh nitrifikace, což se projevilo zvýšením amoniakálního dusíku ve vrchní vrstvě půdy. Při vzájemném porovnání zkoušených inhibitorů nelze jednoznačně určit, který z nich byl nejúčinnější.

kapalné hnojivo DAM 390; močovina; prasečí kejda; inhibitory nitrifikace; modelové pokusy

Ve světové i naší literatuře je stále mimořádná pozornost věnována přeměnám dusíku v půdě, faktorům, které je ovlivňují, a jejich vzájemným vztahům. Rozhodující vliv na přeměny dusíku v půdě mají půdní a povětrnostní podmínky na příslušném stanovišti a ve sledovaném období (Ahrens, 1985; Anderson, 1982; Apltauer, 1983; Damaška, Fürst, 1981; Ivanov, 1981; Rennie, Heimo, 1984; Simmelsgaard, 1985; Vaněk, Vostál, 1986; Walther, 1982 a další). Někteří autoři se snaží sestavit různé modely přeměn dusíku v půdě, simulující přírodní podmínky (Gilmour, 1984; Keeney, 1983; Macduff, White, 1985). Velká pozornost je v poslední době věnována novým způsobům zlepšujícím využití dusíku z půdy (Hauck, 1984; Keeney, 1983), z nichž významné postavení zaujímá používání inhibitorů nitrifikace IN (např. Amberger, 1986; Gilmour, 1984; Hauck, 1984; Hoeft, 1984; Lišťanská, 1982; Randall, 1984). Bylo zjištěno, že účinnost IN do značné míry závisí na podmínkách, ve kterých je aplikován; velký vliv mají především půdně-klimatické podmínky (Randall, 1984; Rodgers et al., 1986; Touchton, Reeves, 1985).

V předložené práci jsou uvedeny výsledky získané při sledování vlivu půdně-klimatických podmínek a inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě.

Místo pokusu	Půdní typ	Charakteristika půdy	Rok	Výrobní oblast	Nadmořská výška m	Druh půdy
Ruzyně	H	jílovitohlinitá půda na spraši	1983–84 1984–85 1985–86	Ř	355	T

MATERIÁL A METODY

Polní modelové pokusy se sledováním přeměny a pohybu dusíku v půdě ovlivněné inhibitory nitrifikace (IN) byly založeny na stanovišti v Ruzyni v letech 1983 až 1986. Z aplikovaných hnojiv byla pozornost zaměřena především na kapalné hnojivo DAM 390 (28,53 % N), v roce 1985 až 1986 byla zařazena též varianta s kejdou prasat (0,34 % N; 7,12 % sušiny). Z inhibitorů nitrifikace byly aplikovány N-Serve, ATC, CMP (FL 426) a Didin.

Charakteristika inhibitorů nitrifikace:

Název (zkratka použita v textu)	Složení; výrobce	Dávka účinné látky (kg . ha ⁻¹)
N-Serve 240 (NS)	2-chlór-6(trichlórmetyl) pyridin 24 % účinné látky; USA	0,5
ATC-60 A(ATC)	4-amino-1,2,4-triazol.HCL 60 % účinné látky; Japonsko	1,0
Didin (DCD)	dikvandiamid (66 % N) 99 % účinné látky; NSR	30,0
FL-426 CMP (od roku 1985)	N-karbamoyl-3(5)-metylpirazol 50 % účinné látky; NDR	

Ve všech pokusech byla sledována kontrolní varianta K bez hnojením dusíkem, varianta s dusíkatým hnojením bez IN a varianty s dávkou dusíku za přídatku IN. Při jednotlivých odběrech půdních vzorků bylo vždy ze dvou opakování stanoveno množství amoniakálního (kolorimetricky Nesslerovým činidlem) a nitrátového dusíku (ISE-Crytur) ve výluhu zeminy 10% roztokem síranu draselného. Modelové pokusy byly v jednotlivých letech umístěny na pozemcích, na kterých byly založeny polní srovnávací pokusy s ozimou pšenicí. Charakteristiku stanoviště a půdy podává tab. I.

Modelové pokusy byly zakládány bez porostu na plochách vymezených rámy o rozměrech 50 X 50 cm v letech 1983 až 1986 a navazují na předcházející výzkum (Apłtauer, 1983). V průběhu října každého roku bylo v dávce dusíku 200 kg/ha zapraveno hnojivo DAM 390, v roce 1985 také prasečí kejda. Z IN byly sledovány N-Serve, ATC, CMP (FL-426) s prasečí kejdou DCD. Hnojiva s IN byla bezprostředně před aplikací smíchána a zapravena do vrchní 5cm vrstvy. V následujícím jarním období byly koncem března až v dubnu odebírány vzorky půdy z profilu ornice po 5cm vrstvách do hloubky 0 až 30 cm, tj. šest vzorků a jeden vzorek půdní sondou z hloubky 30 až 60 cm.

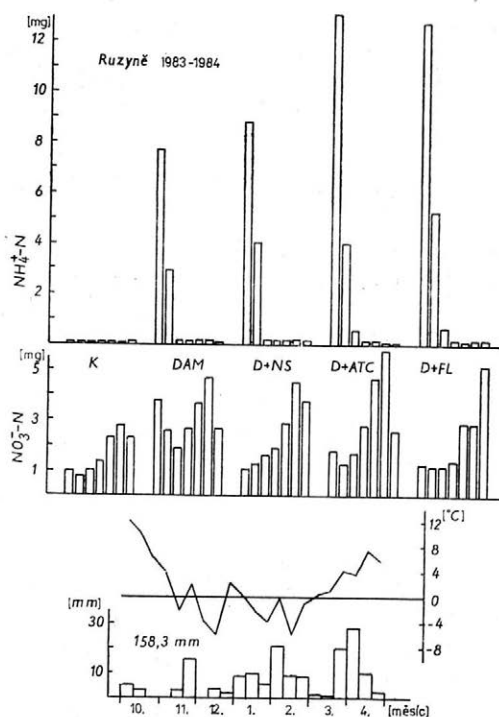
VÝSLEDKY

Výsledky polních modelových pokusů jsou uvedeny na obr. 1 až 4. Jednotlivé sloupce v grafech znázorňují množství minerálního dusíku [NH₄⁺-N, nebo NO₃⁻-N] v mg dusíku na 100 g suché zeminy, zjištěné v jednotlivých 5cm vrstvách půdního profilu; v prvních šesti sloupcích

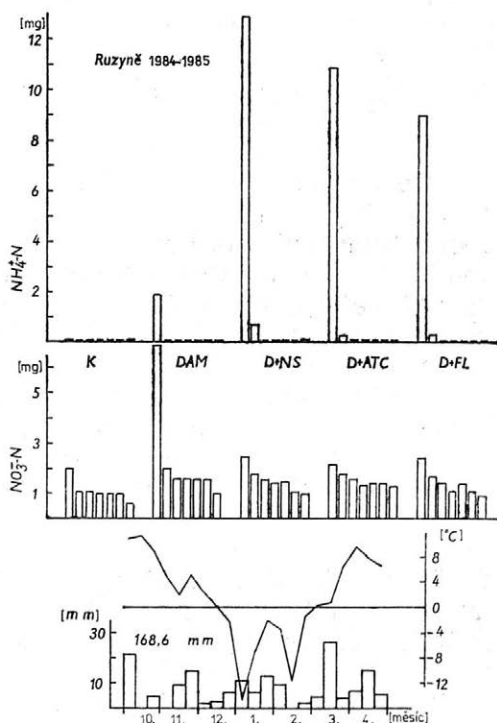
	pH (KCl)	P	K	Mg	N _t	C _{ox}	Humus (%)	mg N ve 100 g suché zeminy	
		mg/kg						NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
	7,4	84	123	68	0,11	1,08	1,86	0,76	1,44
	7,2	75	117	68	0,11	1,09	1,88	0,04	1,04
	7,2	84	115	69	0,11	1,06	1,83	0,09	1,02

je uvedeno množství NH₄⁺-N a NO₃⁻-N zjištěné do celkové hloubky 30 cm, v sedmém sloupci je uvedeno toto množství z celé vrstvy 30 až 60 cm. Ve spodní části jednotlivých grafů jsou znázorněny po dekádách průměrné denní teploty vzduchu a množství srážek.

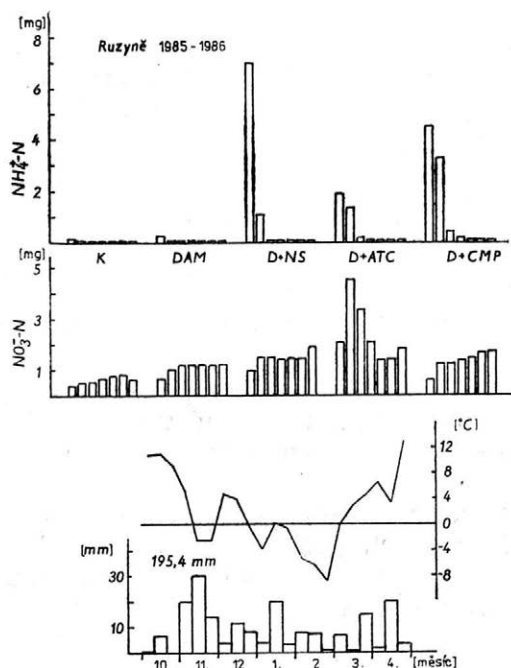
Povětrnostní podmínky se ve sledovaném období podzim — zima — jaro lišily především v jednotlivých letech (obr. 1 až 3). V období 1983 až 1984 se poměrně rychle snížily teploty již v polovině listopadu. Záporné průměrné denní teploty s určitými výkyvy se udržely až do konce února. Až do poloviny listopadu byl podzim chudý na srážky, jejich intenzita byla nerovnoměrná.



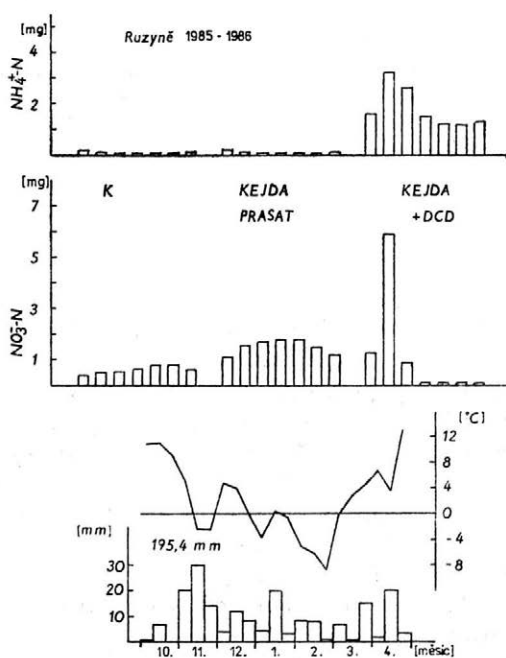
1. Vliv hnojiva a inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě (1983—1984) — The effect of fertilizer and nitrification inhibitors on the conversion and translocation of nitrogen in the soil (1983—1984)



2. Vliv hnojiva a inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě (1984—1985) — The effect of fertilizer and nitrification inhibitors on the conversion and translocation of nitrogen in the soil (1984—1985)



3. Vliv hnojiva a inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě (1985—1986) — The effect of fertilizer and nitrification inhibitors on the conversion and translocation of nitrogen in the soil (1985—1986)



4. Vliv prasečí kejdy a inhibitorů nitrifikace na přeměnu a pohyb dusíku v půdě — The effect of pig slurry and nitrification inhibitors on the conversion and translocation of nitrogen in the soil

Období 1984 až 1985 se vyznačovalo poměrně teplým podzimem s vyššími teplotami až do poloviny prosince, kdy nastoupily silné mrazy, které trvaly až do konce února. Ve srovnání s předchozím obdobím spadlo na podzim více srážek. Poslední pokusné období 1985 až 1986 se vyznačovalo poměrně dlouho trvajícím vlhkým a teplým počasím v listopadu, prosinci, zčásti i v lednu. Zimní počasí trvalo asi od konce ledna do začátku března.

U všech kontrolních variant bylo na jaře ve všech pokusných obdobích zjištěno minimální množství $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Rozdíly mezi kontrolními variantami se projevily v různém množství a posunu nitrátového dusíku v půdním profilu v jednotlivých letech. Po zapravení DAM 390 se v jednotlivých letech lišilo zjištěné množství $\text{NO}_3^-\text{-N}$ a $\text{NH}_4^+\text{-N}$ a jejich vzájemný poměr. Větší množství $\text{NH}_4^+\text{-N}$ se nacházelo ve svrchní vrstvě do 5 cm, případně do 10 cm. Zjištěné množství a rozmístění nitrátového dusíku v půdním profilu bylo značně rozdílné a záviselo především na průběhu povětrnostních podmínek. Po kontrolním odvážení jednotlivých vrstev zeminy a po odečtení množství minerálního dusíku u kontrolní varianty byla pro snadnější orientaci informativně vypočítána zjištěná procenta minerálního dusíku ve sledovaném půdním profilu ve vztahu k původně aplikovanému množství dusíku z hnojiva.

V období 1983 až 1984 (obr. 1) bylo po aplikaci DAM 390 na jaře zjištěno nejvyšší množství minerálního dusíku ze sledovaných období, které vzhledem k původně aplikovanému množství dusíku dosáhlo 67 % koncentrace minerálního dusíku, včetně 34 % amoniakálního dusíku.

V letech 1984 až 1985 (obr. 2) bylo u této varianty zjištěno pouze 33 % minerálního dusíku, většinou (27 %) v nitrátové formě. Největší ztráty se projevily v období 1985 až 1986 (obr. 3), kdy po uplynutí zimy bylo ve variantě s DAM 390 zjištěno pouze 11 % NO_3^- -N již posunutého do nižších vrstev.

V modelových pokusech byl při zapravení DAM 390 také ověřován vliv inhibitorů nitrifikace N-Serve, ATC a přípravků FL-426, později s označením CMP (obr. 1 až 3). Vliv IN se ve větším nebo menším rozsahu projevily ve všech sledovaných letech. Po aplikaci IN se především zvýšil obsah NH_4^+ -N ve vrstvě do 5 cm, případně do 10 cm, v některých případech se zvýšil i obsah NO_3^- -N. Také v působení IN se projevila závislost na povětrnostních podmínkách v jednotlivých letech a druhu použitého IN. V následujícím přehledu jsou uvedeny průměrné hodnoty z tříletých sledování v informativních procentech vypočítaných z původně zapraveného dusíku v DAM 390 (a — NH_4^+ -N + NO_3^- -N, b — NH_4^+ -N).

DAM 390		DAM 390 + + N-Serve		DAM 390 + ATC		DAM 390 + + FL (CMP)	
a	b	a	b	a	b	a	b
37	14	51	36	59	33	50	38

Z výsledků je zřejmé, že celkově působily IN pozitivně na snížení ztrát dusíku z půdního profilu, a to i v posledním sledovaném období 1985 až 1986, i když průběh počasí měl negativní vliv nejen na působení DAM 390, ale i na účinek IN. Při vzájemném porovnání N-Serve a ATC nelze jednoznačně určit, který inhibitor působil lépe. Po zapravení N-Serve se většinou udržoval větší podíl minerálního dusíku v amoniakální formě, zatímco po zapravení ATC dosažené výsledky více kolísaly. Přípravek CMP (FL-426) se projevil kladně, obdobně jako N-Serve. Z pokusu s prasečí kejdou (obr. 4) aplikovanou s DCD v období 1985 až 1986 je zřejmé, že vlivem IN se zvýšilo množství NH_4^+ -N ve sledovaném půdním profilu a množství NO_3^- -N ve vrstvě 5 až 10 cm. Zatímco u kejdy bez IN bylo zjištěno asi 20 % minerálního dusíku již v nitrátové formě po zapravení DCD dosáhlo množství NH_4^+ -N + NO_3^- -N 51 % (38 % NH_4^+ -N).

DISKUSE

Na základě získaných výsledků polních modelových pokusů z let 1983 až 1986 se, podobně jako v předcházející práci (Apltaufer, 1983), projevila do značné míry závislost chování dusíkatého hnojiva (DAM 390) na půdních a povětrnostních podmínkách stanoviště sledovaného období. Pozornost byla zaměřena na perspektivní kapalně hnojivo DAM 390, jehož používání se rozšířilo do řady zemědělských podniků. Také u tohoto hnojiva se prokázalo, že v období od října do dubna dochází k přeměně amidického a amoniakálního dusíku na nitráty, které jsou v půdním profilu značně pohyblivé, což znamená, že může nastat nejen jejich posun do větších hloubek, ale mohou být v různém množství i vyplavovány. K této situaci může dojít i v případě, je-li plocha kryta porostem ozimů, protože příjem dusíku je v tomto období relativně nízký.

ký. Jako nevhodná se ukázala podzimní aplikace DAM 390 v poměrně teplém a vlhkém zimním období. Nejlepší se ukázalo v období 1983 až 1984 s poměrně dlouhou zimou již od poloviny listopadu a suchým podzimem, kdy ve sledovaném půdním profilu bylo zjištěno 67 % minerálního dusíku (34 % $\text{NH}_4^+\text{-N}$). K podobným závěrům dospěli i jiní autoři, např. Read, Cameron (1979) z desetiletého sledování na různých stanovištích a odlišných půdních typech zjistili, že jedním z faktorů, které ovlivňovaly velikost přeměn dusíku, byl průběh počasí. V jiných pracích bylo publikováno, že intenzita mikrobiálních přeměn dusíku značně závisí na průběhu teplot (Ahrens, 1985), vláhových poměrech půdy (Walther, 1982), na půdním typu (Anderson, 1982) apod.

Je pozoruhodné, že se ve všech pokusných letech projevil vliv IN zvýšením množství především amoniakálního dusíku, a tím i většinou minerálního dusíku v půdním profilu, i když se rozsah působení jednotlivých IN lišil. Potvrdila se závislost účinnosti IN na půdních a povětrnostních podmínkách v určitém roce, což je v souladu s poznatky, které uveřejnili např. Hauck (1984), Hoeft (1984). Rodgers et al. (1986) ze tříletých pokusů s IN u ozimých obilnin, především ozimé pšenice, zjistili, že výsledky kolísaly v závislosti na klimatických podmínkách a pouze v jednom roce se vlivem IN zvýšil výnos (o 5 až 8 %).

Potvrdily se naše předcházející poznatky (Lišťanská, Apltauer, 1973; Lišťanská, 1983), že N-Serve patří mezi nejúčinnější IN, což je v souladu i s výsledky dalších autorů (např. Maddux et al., 1985). Z polních modelových pokusů nebylo vždy jednoznačné, zda lépe působí na udržení dusíku v půdě N-Serve, nebo ATC, celkově se však ukazuje, že účinek N-Serve byl poměrně stálý a nebyl tolik ovlivněn průběhem povětrnostních podmínek jako v případě ATC. Například aplikací ATC byly v roce 1983 až 1984 dosaženy velmi dobré výsledky, kdežto ve vlhkém a teplém období 1985 až 1986 po zapravení ATC nebyla inhibice nitrifikace tak výrazná jako po zapravení N-Serve.

Je možno konstatovat, že tyto přípravky (i když je působení IN tak ovlivňováno průběhem počasí v jednotlivých letech) dávají určitou záruku vyššího udržení minerálního dusíku v půdě ve srovnání s variantami bez IN. Z výsledků je patrné, že i další sledované IN výrazně ovlivnily průběh nitrifikace. Nadějný je přípravek CMP (dříve FL-426), který byl v polních pokusech sledován v průběhu tří let. Naše jednotné výsledky pokusů potvrzují názor, který uveřejnili Förster et al. (1984), že používání IN (konkrétně díkyandamidů s prasečí kejdou) se jeví jako perspektivní.

O konečném používání určitých IN v našich podmínkách však musí rozhodnout nejen jejich účinnost v pokusech, včetně polních vegetačních pokusů, ale též ekonomická dostupnost a hygienické aspekty.

Literatura

- AHRENS, E.: Verlauf der Stickstoff-Mineralisierung im Boden in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit. Zbl. Mikrobiol., 140, 1985, s. 175-181.
ANDERSON, L. E.: Mineralization and uptake of nitrogen in two cultivated soils. Rapport, Avdelningen för Växtnäringslära, Institutionen för Markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, 1982, s. 140.

- AMBERGER, A.: Potentials of nitrification inhibitors in modern N-fertilizer management. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 149, 1986, s. 469-484.
- APLTAUER, J.: Chování dusíku průmyslových hnojiv v půdě ve vztahu k povětrnostním podmínkám. [Dílčí závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1983.
- DAMAŠKA, J. — FÜRST, Z.: Vliv hydrotermických faktorů stanoviště na sezónní změny NO_3^- -N v hnědozemi na spraši. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 12, s. 1255-1263.
- FÖRSTER, I. — LIPPOLD, H. — HEBER, R. — MATZEL, W.: Auswirkung unterschiedlicher Verlagerung von Dikyndiamid, Harnstoff und Gülle durch Regengaben auf die Nitrifikation in Böden. Arch. Acker- Pfl.-Bau Bodenkde, 28, 1984, s. 665-669.
- GILMOUR, J. T.: The effects of soil properties on nitrification inhibition. Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 1984, s. 1262-1266.
- HAUCK, R. D.: Technological approaches to improving the efficiency of nitrogen fertilizer use by crop plants. In: Nitrogen in Crop Production, Wisconsin, USA, 1984, s. 551-560.
- HOEFT, R. G.: Current status of nitrification inhibitor use in US agriculture. In: Nitrogen in Crop Production, Wisconsin, USA, 1984, s. 561-570.
- IVANOV, P.: Chidroliza i nitrifikacija na karbamide v černozemi i sivi gorski počvi. Počvoznani. i Agrochim., 16, 1981, s. 80-88.
- KEENEY, D. R.: Transformations and transport of nitrogen. In: Agricultural management and water quality, Iowa State University Press, 1983, s. 48-64.
- LIŠTANSKÁ, J.: Inhibitory nitrifikace — současný stav výzkumu a možnosti jejich využití. Agrochémia, 22, 1982, s. 285-289.
- LIŠTANSKÁ, J.: Vliv inhibitoru nitrifikace typu ATC na přeměnu N-hnojiv v půdě. [Dílčí závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1983.
- LIŠTANSKÁ, J. — APLTAUER, J.: Chování močoviny v půdě a její vliv na rostliny. [Dílčí závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1973.
- MACDUFF, J. H. — WHITE, R. E.: Net mineralization and nitrification rates in a clay soil measured and predicted in permanent grassland from soil temperature and moisture content. Pl. and Soil, 86, 1985, s. 152-172.
- MADDUX, L. D. — KISSEL, D. E. — BALL, J. D. — RANEY, R. J.: Nitrification inhibition by nitrapyrin and volatile sulfur compounds. Soil Sci. Soc. Am. J., 49, 1985, s. 239-242.
- RANDALL, G. W.: Efficiency of fertilizer nitrogen use as related to application methods. In: Nitrogen in Crop Production, Wisconsin, USA, 1984, s. 521-533.
- READ, D. L. W. — CAMERON, D. R.: Changes in the amount of nitrogen and phosphorus in the soil between fall and spring sampling. Can. J. Soil Sci., 59, 1979, s. 271-276.
- RENNIE, D. A. — HEIMO, M.: Soil and fertilizer N transformation under simulated zero till: effect of temperature regimes. Can. J. Soil Sci., 64, 1984, s. 1-8.
- RODGERS, G. A. — PENNY, A. — HEWITT, M.: Effects of nitrification inhibitors on uptakes of mineralised nitrogen and on yields of winter cereals grown on sandy soil after ploughing old grassland. J. Sci. Fd Agric., 36, 1986, s. 915-924.
- SIMMELSGAARD, S. E.: Water balance and nitrogen leaching in 4 soil types. III. Concentration, leaching and balance of nitrogen. Tidsskr. Pl.-Avl, 89, 1985, s. 133-154.
- TOUCHTON, J. T. — REEVES, D. W.: Effects of nitrification inhibitors on yield of planted and ratooned grain sorghum grown with conservation tillage. J. Fertil. Iss., 2, 1985, s. 32-37.
- VANĚK, V. — VOSTÁL, J.: Boleje racionalno v pitání i udobrení rastení. In: Sbor. Konf. Dusík — hnojiva — půda — rostlina, Praha, 1986, s. 32-37.
- WALTHER, W.: Stickstoffbilanz von drei Lössgebieten. Mitt. Dtsch. bodenk. Gesell., 34, 1982, s. 57-62.

Došlo dne 29. 3. 1988

АПЛТАУЕР, Й. — ЛИШТЯНСКА, Я. (Научно-исследовательский институт растениеводства, Прага-Рузыне): Влияние ингибиторов нитрификации на превращение и передвижение азота в почве в полевых модельных опытах. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 977-984.

В полевых модельных опытах заложенных на буроземном почвенном типе в Рузыне изучали влияние ингибиторов нитрификации N-Serve, ATC 60, FL 426 (CMP) на превращение и передвижение аммонийного и нитратного азота в почве. Источником азота послужило жидкое удобрение ДАМ 390, изредка навозная жижа свиней. Удобрения и ингибиторы нитрификации применялись в конце октября соответствующего года,

минеральный азот определяли в слоях почвы в периоде март—апрель. Установили, что поведение азота в почве находилось прежде всего под влиянием климатических условий отдельных годов. У ингибиторов нитрификации N-Serve, ATC 60, и FL 460 было видимое выразительное влияние на ход нитрификации, что проявилось повышенным содержанием аммонийного азота в верхнем слое почвы. При взаимном сравнении испытуемых ингибиторов, однозначно нельзя определить, который из них был более эффективным.

жидкое удобрение DAM 390; мочевины; навозная жижа свиней; ингибиторы нитрификации; модельные опыты

APLTAUER, J. — LIŠŤANSKÁ, J. (Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně): *The Effect of Nitrification Inhibitors on the Conversion and Translocation of Nitrogen in Soil in Field Model Trials*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 977-984.

Field model trials were conducted in the grey-brown podzolic soil at Ruzyně to study the effect of the nitrification inhibitors N-Serve, ATC 60, FL 426 (CMP) on the conversion and translocation of ammonia and nitrate nitrogen in the soil. The DAM 390 was used as the nitrogen source, in exceptional cases replaced by urea and pig slurry. The fertilizers and the nitrification inhibitors were applied late in October of the given year. Mineral nitrogen in the soil layer was detected in March to April. The weather conditions in the different years were found to exert the highest influence on the behaviour of nitrogen in the soil. N-Serve, ATC 60 and FL 460 were found to have a marked inhibitory influence on the course of nitrification: this effect results in an increase in the amount of ammonia nitrogen in the upper layer of the soil. Although the tested inhibitors were compared as for their effectiveness, it can hardly be said, which of them is the most effective.

DAM 390 liquid fertilizer; urea; pig slurry; nitrification inhibitors; model trials

APLTAUER, J. — LIŠŤANSKÁ, J. (Forschungsinstitut für Pflanzenproduktion, Praha-Ruzyně): *Einfluß von Nitrifikationsinhibitoren auf Umwandlung und Bewegung des Stickstoffs im Boden in Modellfeldversuchen*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 977-984.

In auf Braunerde-Bodentyp in Ruzyně angelegten Modellfeldversuchen wurde der Einfluß der Nitrifikationsinhibitoren N-Serve, ATC 60, FL 426 (CMP) auf die Umwandlung und Bewegung des Ammoniak- und Nitratstickstoffs im Boden untersucht. Als Stickstoffquelle diente der Flüssigdünger DAM 390, ausnahmsweise Harnstoff und Schweinegülle. Die Düngemittel sowie die Nitrifikationsinhibitoren wurden gegen Ende Oktober des bezüglichen Jahres appliziert, der mineralische Stickstoff wurde im März bis April in den Bodenschichten bestimmt. Wir stellten fest, daß das Verhalten des Stickstoffs vor allem durch die Witterungsbedingungen in den einzelnen Jahren beeinflusst wurde. Bei den Nitrifikationsinhibitoren N-Serve, ATC 60 und FL 460 machte sich ein markanter Inhibitionseinfluß auf den Verlauf der Nitrifikation bemerkbar, was durch eine Erhöhung des Ammoniakstickstoffs in der obersten Bodenschicht zum Ausdruck kam. Bei einem gegenseitigen Vergleich der getesteten Inhibitoren kann nicht eindeutig bestimmt werden, welcher von ihnen am wirksamsten ist.

Flüssigdünger DAM 390; Harnstoff; Schweinegülle; Nitrifikationsinhibitoren; Modellversuche

Adresa autorů:

Ing. Jiří Apltauer, CSc., ing. Jana Lišťanská, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

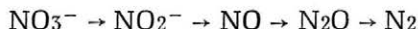
K. Dražďák

DRAŽĐÁK, K. (Ústav experimentální botaniky ČSAV, Praha): *Plynné produkty denitrifikace a jejich stanovení*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 985-994.

V předložené práci je uveden stručný přehled metod stanovení plyných produktů denitrifikace (N_2 , N_2O , NO_2 a NO). Metodika stanovení uvedených produktů denitrifikace je rozdělena na tři hlavní metodické skupiny — plynovou chromatografii, hmotovou spektrometrii a metodiky založené na absorpci kyslíčnicků dusíku v kapalném nebo pevném sorpčním médiu. V předkládané práci je věnována zvýšená pozornost druhé a třetí metodické skupině stanovení plyných produktů denitrifikace, přičemž je zde publikována nová, původní metodika stanovení kyslíčnicků dusíku (NO)_x, která je založena na jejich převedení na směs ($NO_3^- + NO_2^-$), a to po jejich absorpci a oxidaci v alkalickém roztoku $KMnO_4$. Vzniklé nitráty a nitrity jsou pak po redukci s Devardovou slitinou následně stanoveny jako plyn NH_3 , a to amonnou iontově selektivní elektrodou ORION 95-10. Možnosti identifikace některých produktů denitrifikace a respirace pomocí hmotové spektrometrie jsou diskutovány na podkladě analytického zpracování a výsledků 14denního denitrifikačního pokusu, kdy inkubované vzorky byly obohaceny $K^{15}NO_3$ a glukózou, KNO_3 a glukózou, anebo pouze KNO_3 .

denitrifikace; kyslíčnický dusík; dusík; produkty respirace; plynová chromatografie; hmotová spektrometrie; iontově selektivní elektrody; sorpční roztok; izotop ^{15}N

Denitrifikace je proces, ve kterém nitráty a nitrity jsou redukovány na plyné formy dusíku (NO , N_2O a N_2). Proces denitrifikace probíhá podle schématu:



Na podkladě mnoha experimentů převládá všeobecný názor, že NO je zřídka kvantitativně významný produkt denitrifikace, hlavní, konečné produkty denitrifikace tvoří N_2O a N_2 (Nörmik et al., 1983; Rosswall, 1982).

Z mnoha faktorů, které ovlivňují průběh denitrifikace a vzájemný obsah plyných produktů, hraje největší úlohu přítomnost kyslíku, který působí na průběh denitrifikace inhibičně. Redukce N_2O a N_2 je však ovlivňována přítomností kyslíku v opačném směru, vyšší obsah kyslíku v systému akceleruje redukci N_2O na molekulární dusík a zvyšuje jeho obsah v produktech denitrifikace. Experimentálně bylo prokázáno, že poměr N_2O/N_2 vzrůstá s koncentrací kyslíku v systému tak, že při tenzi kyslíku, která je rovna 10 % atmosférického rovnovážného stavu, pak N_2O tvoří přibližně 60 % obsahu celkových plyných produktů denitrifikace (Kaplan, Wofsy, 1985).

Přítomnost vyššího obsahu NO_3^- pozitivně ovlivňuje průběh denitrifikace a redukci N_2O na molekulární dusík, obsah amonných iontů nemá pravděpodobně na průběh denitrifikace a na relativní zastoupení jednotlivých produktů denitrifikace žádný vliv. Redukce N_2O na N_2 je částečně regulována i hodnotou pH prostředí, přičemž větší množství N_2O při denitrifikaci je produkováno při nižších hodnotách pH prostředí [Kaplan, Wofsy, 1985; Nömk et al., 1983; Rosswall, 1982].

Studium procesů denitrifikace je důležité např. z těchto důvodů: průběh a intenzita denitrifikace v půdě ovlivňuje a limituje využitelnost minerálního půdního dusíku, a to jak nativního dusíku, tak i dusíku dodaného ve formě nitrátů. Bylo prokázáno, že přes 30 % dodaného dusíku ve formě hnojiv může být fyziologicky i ekonomicky ztraceno, a to na účet plyných produktů denitrifikace [Holding, 1982]. Plyné produkty denitrifikace spolu s jinými procesy mohou zvyšovat obsah N_2O v atmosféře, přičemž N_2O je schopen rozrušovat stratosférickou vrstvu ozónu a vyvolat zvýšenou teplotu nižších vrstev atmosféry za vzniku tzv. skleníkového efektu [Kaplan, Wofsy, 1985; Yung et al., 1976].

Plyné produkty denitrifikace (NO , NO_2 a N_2) lze identifikovat a kvantifikovat třemi hlavními analytickými metodami, a to plynovou chromatografií, hmotovou spektrometrií a metodami, které využívají sorpce kyslíčnicků dusíku (NO)_x v kapalném nebo pevném médiu.

Studium plyných produktů denitrifikace pomocí plynové chromatografie vyžaduje použití takového plynového chromatografu, který je vybaven speciálním detektorem [ultrasonický detektor, ^{63}Ni — electron capture detector] pro analýzu NO , N_2O a N_2 . Kromě použití speciálního detektoru vyžaduje analýza i použití kolon se specifickou náplní (Poropak Q a R, Porasil B a C, Carbosieve C apod.). Hlavní problémy při identifikaci plyných produktů denitrifikace pomocí plynové chromatografie jsou odrazem toho, že N_2 je přirozenou součástí atmosféry, a že NO je oxidován na NO_2 a v neposlední řadě kyslíčnický (NO)_x mohou být částečně sorbovány některými látkami, které jsou používány pro přípravu a uchování vzorků a pro přípravu kolon pro analýzu. Z analytického hlediska pak některé obtíže při identifikaci N_2 , NO a NO_2 vznikají interferencí kyslíčnicků (NO)_x s vodními parami v průběhu analýzy [Bremner, Hauck, 1982; Myrold, Tiedje, 1985; Blackmer, Bremner, 1977].

Hmotová spektrometrie po analýze plyných produktů denitrifikace umožňuje rozbor analytických signálů (peaků spektra) v rozmezí hmot $m/e = 20-46$, přičemž kvantitativní stanovení NO , N_2O a N_2 je založeno na porovnání vzájemných intenzit na hmotách $m/e = 30/31$ pro NO , $m/e = 44/45$ pro N_2O a $m/e = 28/29$ pro N_2 [Nömk et al., 1983]. V některých případech je možno při kvantitativním vyhodnocování využít pro vzájemnou korekci intenzit analytických peaků přítomnosti prvků neónu (hmota 20) nebo agronu (hmota 40) v analyzovaném vzorku. Hmotovou spektrometrií je možno současně také identifikovat produkty respirace CO_2 a O_2 , a tím kontrolovat anaerobní podmínky denitrifikace. Přítomnost CO_2 lze vyhodnocovat na hmotě $m/e = 44$ a přítomnost O_2 na hmotě $m/e = 32$ [Cho, Sakdinan, 1978; Bremner, Hauck, 1982].

Analytické postupy identifikace některých produktů denitrifikace jsou dále založeny na sorpci těchto produktů v kapalném nebo pevném médiu. Většina analytických postupů využívá možnosti převedení kysličníků dusíku $(\text{NO})_x$ na směs nitritů a nitrátů, a to po jejich sorpci v alkalickém nebo kyselém roztoku 0,05N H_2SO_4 a 0,01N NaOH (Bremner, Hauck, 1982; Kim, 1973). Dále byla vypracována a ověřena metoda, která využívá reakce kysličníku dusíku $(\text{NO})_x$ s difenylaminem, vzniklý reakční produkt nitrosoamin je pak následně stanovován kolorimetrickou analýzou (Kosmus, 1985).

V předkládané práci je na analytickém materiálu ze 14denního denitrifikačního pokusu (Dražďák, Králová, v tisku) demonstrována možnost využití hmotové spektrometrické analýzy a využití sorpčních metod pro identifikaci a kvantitativní stanovení některých plyných produktů denitrifikace. Současně je v předkládané práci publikován nový analytický postup stanovení kysličníků dusíku $(\text{NO})_x$, a to pomocí amonné iontové selektivní elektrody ORION 95-10.

I. Hlavní plyné produkty denitrifikace a respirace, jejich izotopické rozdělení a hmoty využitelné pro identifikaci vzniklých produktů denitrifikace pomocí hmotové spektrometrie — The main gaseous products of denitrification and respiration, their isotopic distribution, and the materials that can be used for the mass-spectrometric identification of the denitrification products

Produkt denitrifikace a respirace	Hmota	Izotopické rozdělení	Relativní intenzita (%)
N_2	28	$^{14}\text{N}_2$	99,271
	29	$^{14}\text{N}^{15}\text{N}^+$	0,728
	30	$^{15}\text{N}_2^+$	0,001
NO — nestabilní ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)	30	$^{14}\text{N}^{16}\text{O}$	99,394
	31	$^{15}\text{N}^{16}\text{O}$	0,3641
	32	$^{14}\text{N}^{18}\text{O}$	<0,001
N_2O	44	$^{14}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}^+$	99,0318
	45	$^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}^+$	0,7256
	46	$^{14}\text{N}^{14}\text{N}^{18}\text{O}^+$	<0,001
NO_2 — nestabilní rozklad na $\rightarrow (\text{NO})$	30	$^{14}\text{N}^{16}\text{O}^+$	~95,—
	46	$^{14}\text{N}^{16}\text{O}^{16}\text{O}^+$	
	47	$^{15}\text{N}^{16}\text{O}^{16}\text{O}^+$	
	48	$^{14}\text{N}^{16}\text{O}^{18}\text{O}^+$	
CO_2	44	$^{12}\text{C}^{16}\text{O}_2^+$	98,41
	45	$^{13}\text{C}^{16}\text{O}_2^+$	1,10
	46	$2. ^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{17}\text{O}^+$	0,008
O_2	32	$^{16}\text{O}_2^+$	99,518
	33	$2. ^{16}\text{O}^{17}\text{O}^+$	0,406
	34	$^{17}\text{O}_2^+$	<0,001

II. 14denní denitrifikační pokus s ruzyňskou zemínou obohacenou $K^{15}NO_3$ a glukózou (var. A), KNO_3 a glukózou (var. B) a KNO_3 (var. C) — The 14-day denitrification trial with the Ruzyně soil enriched with $K^{15}NO_3$ and glucose (var. A), KNO_3 and glucose (var. B), and KNO_3 alone (var. C)

Vzorek	30	32	40	44	45	46
Počet impulsů za časovou jednotku						
Pozadí		67	11	11	6	5
0 D _C		2102	196	96	7	6
1 D _A		136	185	4995	86	27
1 D _B		81	192	5398	69	28
1 D _C		1887	195	367	11	8
2 D _A	19	88	190	5825	88	33
2 D _B	21	69	185	5464	71	29
2 D _C		1934	194	264	9	7
3 D _A	28	104	189	5968	125	39
3 D _B	37	74	189	6077	79	32
3 D _C	7	1892	194	317	10	7
6 D _A	30	82	191	7336	94	37
6 D _B	8	66	165	6676	86	35
6 D _C	7	1813	193	384	11	7
8 D _A	30	82	185	7715	97	38
8 D _B	8	65	177	7125	91	36
8 D _C	7	1731	191	446	11	8
10 D _A	29	117	169	7172	91	35
10 D _B	7	86	178	7312	93	36
10 D _C	6	1714	200	541	12	7
13 D _A	29	86	179	7586	95	37
13 D _B	7	69	173	7342	92	36
13 D _C	6	1721	205	581	12	8

V jednotlivých sloupcích jsou uvedeny hmoty peaku a jejich příslušné integrální intenzity vyjádřené počtem impulsů za časovou jednotku. Plynné produkty denitrifikace byly analyzovány přímým napuštěním vzorku do nápuštního systému hmotového spektrometru MAT 230.

MATERIÁL A METODY

Materiál

Ruzyňská hnědozem — základní charakteristiku zeminy použité v denitrifikačním modelovém pokusu uvádějí Králová et al. (1980);

Izotop ^{15}N ve formě $K^{15}NO_3$, izotopické obohacení 53,2 at. % ^{15}N ; výrobce VEB Berlin-Chemie, Berlin-Adlershof;

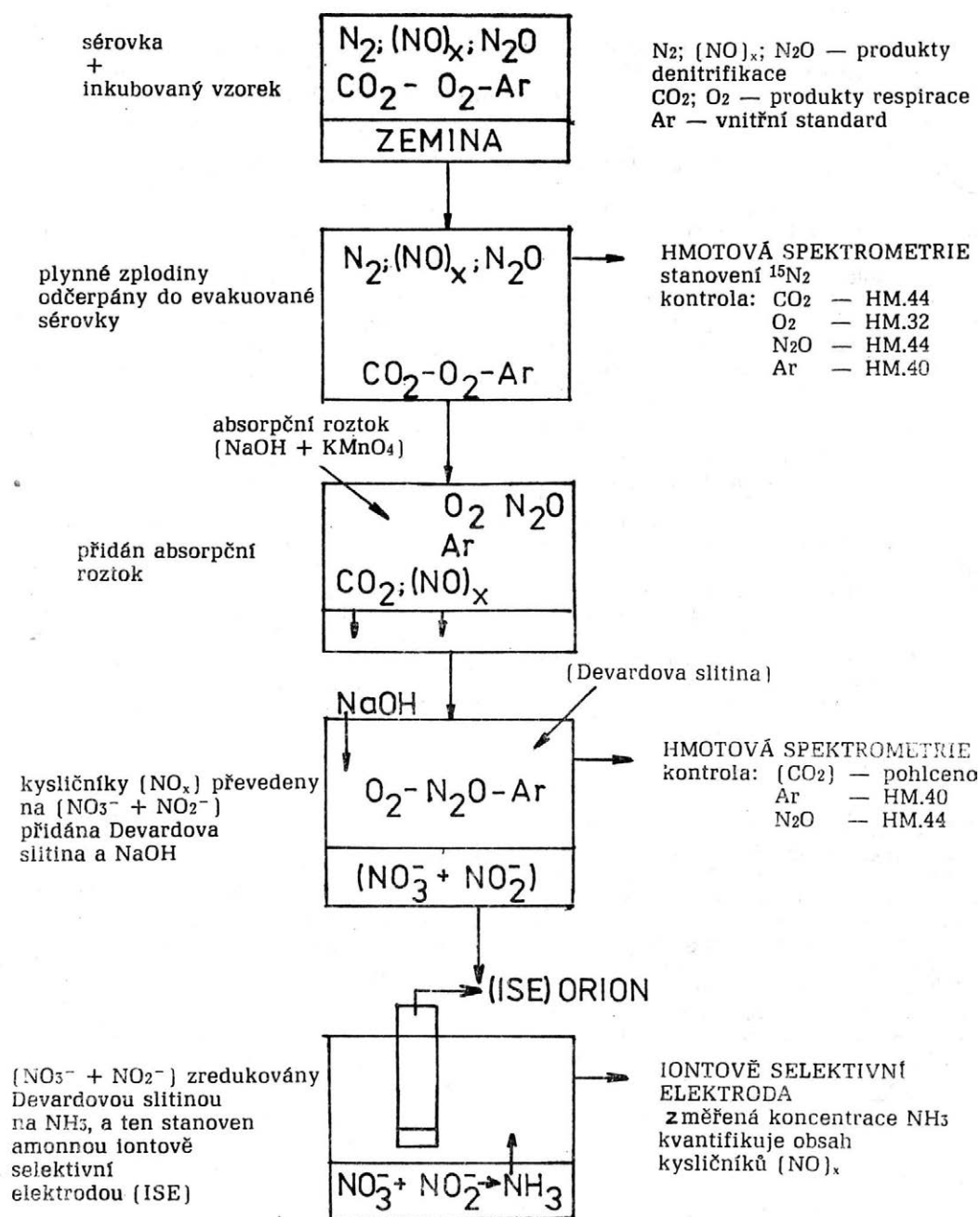
Glukóza, $KMnO_4$, $NaOH$, čistota p. a.; výrobce Lachema, Brno;

Devardova slitina; výrobce FLUKA AG, Buchs, Švýcarsko;

KNO_3 , NH_4Cl , čistota 99,999 % (GOLD LABEL); výrobce ALDRICH, USA.

Metodika

Denitrifikační pokus byl prováděn s ruzyňskou zemínou, přičemž byly při teplotě 28 °C v uzavřených a evakuovaných sérovkách o objemu 250 ml inkubovány



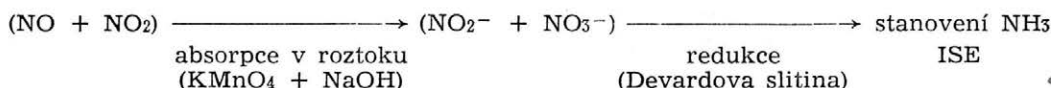
1. Schéma metodického postupu stanovení kyslíčníků dusíku (NO_x) a $^{15}\text{N}_2$ — Diagram of a methodical procedure of determining nitrogen oxides (NO_x) and $^{15}\text{N}_2$

paralelně tři vzorky zeminy, a to zemina obohacená K^{15}NO_3 a glukózou (var. A), zemina obohacená KNO_3 a glukózou (var. B) a zemina obohacená pouze KNO_3 (var. C), jak popisují Dražďák, Králová (v tisku).

Identifikace některých plyných produktů denitrifikace a respirace byla provedena na základě hmotově-spektrometrické analýzy (tab. I), a to přímým napuštěním plyných produktů do nápuštního systému hmotového spektrometru MAT 230 (tab. II), přičemž intenzity vrcholů na hmotách $m/e = 28, 29, 30, 32, 40, 44, 45, 46$,

byly vyhodnoceny integrálním počtem impulsů za zvolenou časovou jednotku (10 s). Takto získané spektrum bylo pak vyhodnoceno na podkladě přítomnosti nebo nepřítomnosti analytického signálu v rozpětí hmotových čísel (28–46) s přihlédnutím k intenzitám těchto analytických signálů (peaků).

Stanovení kysličníku dusíku (NO)_x amonnou iontově selektivní elektrodou po jejich absorpci v alkalickém roztoku KMnO₄ (0,25M KMnO₄ + 1,25M NaOH) probíhalo podle tohoto metodického postupu: 250 ml plyných produktů denitrifikace bylo přesáto z inkubační sérovky do nové, evakuované sérovky a poté injektováno k plyným produktům 20 ml absorpčního roztoku (KMnO₄ + NaOH). Takto připravený vzorek byl ponechán 24 h v termostatu při teplotě 20 °C, aby byla zabezpečena dokonalá absorpce plyných produktů denitrifikace v absorpčním roztoku. Kysličníky dusíku (NO)_x obsažené ve vzorku jsou tímto postupem převedeny na směs nitritů a nitrátů, které jsou pak po redukci Devardovou slitinou v alkalickém prostředí absorpčního roztoku převedeny na plyný NH₃, který je kvantitativně stanoven amonnou iontově selektivní elektrodou (obr. 1). Schematicky je možno navržený postup stanovení kysličníků dusíku (NO)_x popsat takto:



Vytvořené nitrity a nitráty nebylo možno měřit v absorpčním roztoku kolometricky nebo nitrátovou iontově selektivní elektrodou přímo, a to vzhledem k silné alkalitě a intenzivnímu zabarvení roztoku. Uvedená analytická koncovka stanovení obsahu nitritů a nitrátů jako NH₃, a to po jejich redukci Devardovou slitinou v absorpčním roztoku (KMnO₄ + NaOH), byla verifikována analýzou kalibrační řady vzorků, které obsahovaly 0,01 mg až 0,5 mg NO₃⁻-N v 50 ml absorpčního roztoku (tab. III). Hodnoty (směrnice kalibrační křivky, koeficient korelace funkčního vztahu mezi obsahem NO₃⁻-N a změřenou hodnotou mV) uvedené v tab. II dokumentují, že uvedený analytický postup je správný a poskytuje reálné výsledky.

VÝSLEDKY A DISKUSE

III. Kalibrační křivka stanovení NO₃⁻-N v adsorpčním roztoku (KMnO₄ + NaOH) pomocí amonné iontově selektivní elektrody ORION 95-10 (nitráty byly redukovány Devardovou slitinou na NH₃) — Calibration curve of the determination of NO₃⁻-N in the adsorption solution (KMnO₄ + NaOH) using the ORION 95-10 ammonium ion selective electrode (nitrates were reduced to NH₃ by means of the Devard alloy)

NO ₃ ⁻ -N (mg. 50 ml ⁻¹)	Změřené mV
0,01	153,6
0,05	119,4
0,10	104,6
0,20	89,8
0,30	81,2
0,40	75,1
0,50	70,3

Blank — adsorbční roztok bez nitrátů 188 mV
Směrnice kalibrační křivky — 49,04

Na podkladě výsledků hmotově-spektrometrické analýzy plyných produktů, odebíraných ze 14-denního denitrifikačního pokusu, můžeme poukázat na některé možnosti identifikace produktů denitrifikace a respirace, a to v podmínkách provedení modelového pokusu (Dražďák, Králová v tisku). Obsah kysličníku dusnatého (NO) je možné vyhodnocovat na podkladě přítomnosti vrcholu na hmotě m/e = 30. Z hodnot uvedených v tab. II lze vyvodit, že tvorba NO v modelové variantě A začíná druhý den inkubace a maxima dosahuje v rozmezí třetího až šestého dne inkubace. Podobný průběh v obsahu NO je i u modelové varianty B. U modelové varianty C, kdy zemina nebyla obohacena glukózou, tvorba NO začíná třetí den inkubace a v průběhu 14denní inkubace nedosahuje vý-

IV. Modelový denitrifikační pokus s ruzyňskou zemínou (2—4 mm) obohacenou $K^{15}NO_3$ a glukózou; obsahy $^{15}N_2$, $(NO)_x$ a $NO_2^- - N$ v průběhu 14denní inkubace při teplotě 28 °C — The model denitrification trial with the Ruzyně soil (2—4 mm), enriched with $K^{15}NO_3$ and glucose; the contents of $^{15}N_2$, $(NO)_x$, and $NO_2^- - N$ within the 14-day incubation at the temperature of 28 °C

t_d	$^{15}N_2$	$(NO)_x$	$NO_2^- - N$
	$\mu g. 100 g^{-1}$		
0	—	—	30
1	8	14	120
2	279	9	60
3	626	4	20
4	5 412	12	4
5	8 241	12	3
6	13 194	14	4
7	13 194	13	3
8	13 282	9	3
9	13 961	9	5
10	14 673	8	9
11	14 501	8	9
12	14 111	8	10
13	14 091	4	10
14	14 011	2	12

razného maxima a relativní intenzity na hmotě $m/e = 30$ jsou výrazně nižší (6—8 imp.), a to oproti variantám modelového pokusu A a B.

Na základě výsledků hmotově-spektrometrické analýzy je možné sledovat i produkty respirace CO_2 a O_2 v celém průběhu 14denního denitrifikačního pokusu. Anaerobní podmínky pokusu je možno sledovat na hmotě $m/e = 32$ (O_2), kdy na začátku pokusu představuje relativní intenzita vrcholu 2102 imp., první den inkubace u varianty A pak 136 imp., u varianty B 81 imp. a u varianty C je 1887 imp. (tab. II). Podobně lze sledovat i průběh tvorby CO_2 , a to na hmotě $m/e = 44$. V podmínkách uvedeného modelového pokusu je např. intenzita tohoto vrcholu na startu inkubace 96 imp., první den inkubace u var. A je intenzita 4995 imp., u varianty B 5398 imp. a u varianty C pouze 367 imp. Z průběhu intenzit na vrcholech $m/e = 32$ (O_2) a $m/e = 44$ (CO_2) můžeme usuzovat na intenzitu průběhu mikrobiálních pochodů a na změny aerobních a anaerobních podmínek v průběhu denitrifikačního pokusu.

Relativní intenzity na hmotě $m/e = 40$ (argon) můžeme použít jako hodnoty vnitřního standardu, které nás informují o dodržení konstantních podmínek měření při analýze vzorků plyných produktů denitrifikace (tab. II) — hmota $m/e = 40$.

Obsahy N_2 a obsahy kyslíčků $(NO)_x$ stanovené v průběhu 14denní denitrifikace jsou uvedeny sumárně v tab. IV. Obsahy uvolněného N_2 bylo možno stanovit pouze u varianty denitrifikačního pokusu, kde zemina byla na startu inkubace obohacena $K^{15}NO_3$. Kvantitativní stanovení

$^{15}\text{N}_2$ bylo provedeno na základě změřeného izotopického obohacení bi-molekulárního dusíku s následným výpočtem na základě izotopického ředění podle vztahu:

$$N_{ml} = (ST_d \cdot K_n) - 0,366 K_n / (ST_v - ST_d)$$

kde: ST_d — izotopické obohacení vzorku při odběru v časovém rozpětí $t_0 - t_n$

ST_v — výchozí obohacení v čase t_0 (at. $\%$ ^{15}N)

K_n — obsah N_2 s přirozeným obohacením (0,366 at. $\%$ ^{15}N) v inkubační sérovce (Dražďák, Králová, v tisku)

Obsahy kysličníků $(\text{NO})_x$ uvedené v tab. IV byly stanoveny analytickým postupem popsaným v metodické části. Z hodnot uvedených v tab. IV lze vyvodit, že produkty denitrifikace N_2 a $(\text{NO})_x$ se začínají intenzívně tvořit od čtvrtého dne inkubace, přičemž u obsahu N_2 je maximální tvorby dosaženo mezi čtvrtým a sedmým dnem inkubace. Můžeme zde zdůraznit skutečnost, že obsahy kysličníků $(\text{NO})_x$ stanovené pomocí amonné iontově selektivní elektrody (tab. IV) jsou v dobré shodě s výsledky stanovení kysličníků $(\text{NO})_x$, které byly získány analýzou vzorků na hmotovém spektrometru. Touto metodou bylo stanoveno hlavní rozmezí tvorby kysličníků $(\text{NO})_x$ v časovém intervalu dvou až šesti dnů inkubace. Rozdíly v časovém rozpětí tvorby maxima kysličníků $(\text{NO})_x$ vysvětlujeme tím, že kvantitativní stanovení ztěžuje nekontrolovatelná oxidace NO na NO_2 . Touto okolností mohou pak být rozdílně ovlivněny výsledky získané hmotovou spektrometrií a výsledky získané analytickým postupem za využití iontově selektivní elektrody.

Literatura

- BLACKMER, A. M. — BREMNER, J. M.: Denitrification of nitrate in soils under different atmospheres. *Soil Biol. and Biochem.*, 9, 1977, s. 141-142.
- BREMNER, J. M. — HAUCK, R. D.: Advances in methodology for research on nitrogen transformations in soils. *Nitrogen in Agricultural Soils. Agron. Monogr.* 1982, č. 22, s. 467-502.
- DRAŽDÁK, K. — KRÁLOVÁ, M.: Denitrification affected by nitrates and carbon sources. (v tisku).
- HOLDING, A. J.: Some priority research areas in nitrogen studies. *Pl. and Soil*, 67, 1982, s. 81-90.
- CHO, C. M. — SAKDINAN, L.: Mass spectrometric investigation on denitrification. *Can. J. Soil Sci.*, 58, 1978, s. 443-457.
- KAPLAN, W. A. — WOFSEY, S. C.: The biogeochemistry of nitrous oxide: a review. *Adv. aquat. Microbiol.*, 3, 1985, s. 181-206.
- KIM, C. M.: Influence of vegetation types on the intensity of ammonia and nitrogen dioxide liberation from soil. *Soil Biol. and Biochem.*, 5, 1973, s. 163-166.
- KOSMUS, W.: Summation method for monitoring nitrogen oxides. *Int. J. environ. analyt. Chem.*, 22, 1985, s. 269-279.
- KRÁLOVÁ, M. — KUBÁT, J. — DRAŽDÁK, K. — NOVÁK, B.: Nitrogen transformation in soil with special reference to immobilization, mineralization and remineralization in the presence of added glucose. *Scientia Agric. bohemoslov.*, 1, 1980, č. 12, s. 1-6.
- MYROLD, D. D. — TIEDJE, J. M.: Establishment of denitrification capacity in soil: Effect of carbon, nitrate and moisture. *Soil Biol. and Biochem.*, 17, 1985, č. 6, s. 819-822.
- NOMIK, H. — PLUTH, D. J. — MELIN, J.: Dissimilatory reductions of ^{15}N -labeled nitrate in the presence of nonlabeled NO or N_2O . *Can. J. Soil Sci.*, 64, 1983, s. 21-29.

ROSSWALL, T.: Microbiological regulation of the biogeochemical nitrogen cycle. *Pl. and Soil*, 67, 1982, s. 15-34.

YUNG, Y. L. — WANG, V. C. — LACIS, A. A.: Greenhouse effect due to atmospheric nitrous oxide. *Geophys. Res. Lett.*, 3, 1976, s. 619-621.

Došlo dne 5. 1. 1987

ДРАЖДЯК, К. (Институт экспериментальной ботаники АН ЧССР, Прага): Газообразные продукты денитрификации и их определение. *Rostl. Vyr.*, 34, 1988 (9): 985-994.

Приводится краткий обзор методов определения продуктов денитрификации (N_2 , N_2O , NO_2 и NO). Методика определения разделяется на 3 методические группы: газовую хроматографию, масс-спектрометрию и на методики на базе абсорбции кислородов азота в жидкой или твердой сорбционной среде. Повышенное внимание уделяется II и III группам, причем приводится исконная методика их определения $(NO)_x$, основанная на их переводе на смесь ($NO_3^- + NO_2^-$) после абсорбции и окисления в щелочном растворе $KMnO_4$. Возникшие же нитраты и нитриты после редукции с помощью сплава Дюарда определяются как газообразный NH_3 посредством аммиачного ионно-селективного электрода ОРИОН 95-10. Возможности идентификации некоторых продуктов денитрификации и респирации с помощью масс-спектрометрии обсуждаются по данным анализов и 14-дневного опыта по денитрификации, в ходе которого инкубинированные бразцы обогащали $K^{15}NO_3$ и глюкозой, KNO_3 и глюкозой, или же лишь KNO_3 .

денитрификация; кислороды азота; азот; продукты респирации; газовая хроматография; масс-спектрометрия; ионноселективные электроды; сорбционный раствор; изотоп ^{15}N

DRAŽDÁK, K. (Institute of Experimental Botany of the Czechoslovak Academy of Sciences, Praha): *The Gaseous Products of Denitrification and their Identification*. *Rostl. Vyr.*, 34, 1988 (9): 985-994.

The methods of determining the gaseous products of denitrification (N_2 , N_2O , NO_2 , NO) are surveyed in brief. They are divided into three major groups: gas chromatography, mass spectrometry, and methods based on the absorption of nitrogen oxides in liquid or solid sorption medium. Increased attention in the study is paid to the second and third groups of the methods of determining the gaseous denitrification products; in this context, a new original method of determining nitrogen oxides $(NO)_x$ is presented in the paper. This new method is based on transferring the nitrogen oxides into a mixture ($NO_3^- + NO_2^-$) after their absorption and oxidation in an alkaline solution of $KMnO_4$. The nitrates and nitrites produced in this way are then subjected to reduction with the Devard alloy to be subsequently determined as gaseous NH_3 , using the ORION 95-10 ammonium ion-selective electrode. The possibilities of identifying some denitrification and respiration products by mass spectrometry are discussed on the basis of an analysis and on the basis of the results of a 14-day denitrification trial in which the incubated samples were enriched with $K^{15}NO_3$ and glucose, or with KNO_3 and glucose, or with KNO_3 alone.

denitrification; nitrogen oxides; nitrogen; respiration products; gas chromatography; mass spectrometry; ion selective electrodes; sorption solution; ^{15}N isotope

DRAŽDÁK, K. (Institut für experimentelle Botanik der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Praha): *Gasprodukte der Denitrifikation und ihre Bestimmung*. *Rostl. Vyr.*, 34, 1988 (9): 985-994.

In der vorliegenden Arbeit wird eine kurze Übersicht von Methoden der Bestimmung gasförmiger Denitrifikationsprodukte (N_2 , N_2O , NO_2 und NO) angeführt. Die Methodik der Bestimmung der angeführten Denitrifikationsprodukte ist in drei methodische Hauptgruppen eingeteilt — die Gaschromatographie, die Massenspektrometrie und die auf der Absorption von Stickstoffoxiden in flüssigem oder

festem Sorptionsmedium beruhende Methodik. In der vorliegenden Arbeit wird besondere Aufmerksamkeit der zweiten und dritten Gruppe der Bestimmung gasförmiger Denitrifikationsprodukte gewidmet, wobei hier eine völlig neue, originelle Methodik der Bestimmung von Stickstoffoxiden $(\text{NO})_x$ veröffentlicht wird, die auf deren Umwandlung in ein Gemisch $(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-)$ beruht u. zw. nach ihrer Absorption und Oxidation in alkalischer KMnO_4 -Lösung. Die entstandenen Nitrate und Nitrite werden danach nach Reduktion mit der Devardschen Legierung als gasförmiges NH_3 u. zw. mittels ammoniumionenselektiver Elektrode ORION 95-10, bestimmt. Möglichkeiten der Identifikation einiger Denitrifikations- und Respirationsprodukte mittels Massenspektrometrie werden aufgrund analytischer Verarbeitung und der Ergebnisse eines 14tägigen Denitrifikationsversuchs, wo inkubierte Proben mit $\text{K}^{15}\text{NO}_3 + \text{Glukose}$, $\text{KNO}_3 + \text{Glukose}$ oder alleiniger KNO_3 angereichert wurden, diskutiert.

Denitrifikation; Stickstoffoxide; Stickstoff; Respirationsprodukte; Gaschromatographie; Massenspektrometrie; ionenselektive Elektroden; Sorptionslösung; ^{15}N -Isotop

Adresa autora:

RNDr. Karel Dražďák, CSc., Ústav experimentální botaniky ČSAV, Ke dvoru 16/15, 160 00 Praha 6

BRAUNOVÁ, O. — ŠIROKÁ, K. (Ústav pôdoznalectva a výživy rastlín, Bratislava): *Dynamika dusíka a uhlíka v biomase mikromycét*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 995-1001.

V súčasnosti je metodicky obtiažne stanoviť obsah biogénnych prvkov v biomase pôdnej fauny, teda i mikromycét. Vzhľadom k tomu sme uskutočnili stanovenia niektorých biogénnych prvkov (uhlíka a dusíka) v sušine čistých kultúr (bolo vybraných 22 dominantných druhov mikromycét). Pomer C : N v čistých kultúrach pri použití dvoch anorganických zdrojov (NaNO_3 a NH_4NO_3) a pri štyroch pomeroch C : N v kultivačnom prostredí (C : N = 5 : 1, 10 : 1, 25 : 1 a 50 : 1) bol okolo 13,8. Zmeny v celkovom obsahu uhlíka u všetkých sledovaných druhov a pomerov C : N boli malé, jeho obsah sa menil od 45,4 do 53,2 %. Výsledky však ukázali, že so zvyšovaním pomeru C : N sa zvyšoval i obsah uhlíka v mycéliu. U dusíka boli zmeny jeho obsahu pomerne značné v závislosti od druhu a pomeru C : N v prostredí i použitého zdroja dusíka. Množstvo celkovej biomasy sa v priemere pohybovalo od 60 do 120 kg/ha do hĺbky 15 cm. Na množstvo o počet obnovení biomasy mikromycét v zhutnenej pôde najlepšie vplýval maštalný hnoj, kde celková biomasa mikromycét dosahovala 120 kg/ha a bol najvyšší počet obnovení (8,2krát za rok). Množstvo dusíka v biomase počas hlavného vegetačného obdobia činí 83 kg/ha pri obnovení biomasy trikrát.

biomasa; mikromycéty; pomer C : N; obsah C_{ox} a N_t v mycéliu; zhutnená pôda

Základným predpokladom zabezpečenia vysokých úrod poľnohospodárskych plodín je vysoká produkčná schopnosť pôdy podmienená jej vysokou úrodnosťou. Na zvýšenú rastlinnú produkciu je v súčasnosti potrebná vysoká intenzifikácia poľnohospodárstva, ktorej súčasťou je aj aplikácia vysokých dávok minerálnych hnojív. Ich zapracovanie do pôdy však často vedie k znečisteniu životného prostredia. Z tohto dôvodu je potrebné štúdium životných procesov pôdnych mikroorganizmov v ich prirodzených podmienkach — agrobiocenózach, kde práve mikroorganizmy rozhodujú o nahromadení, resp. úbytku biogénnych prvkov v pôde.

V poslednej dobe, kedy nové metódy umožnili kvantitatívne stanovenia pôdnej biomasy, jej dynamiku a čas jej obnovenia, sa zameriava na tok živín cez mikrobiálnu biomasu, t. j. na biologickú sorpciu a desorpciu živín. Biologická sorpcia živín má praktický význam pre výživu rastlín, pretože hnojivami dodané živiny sa pri dostatku organických zdrojov uhlíka a energie pomerne rýchlo vliažu do tel mikroorganizmov a z nich sa po odumretí znovu uvoľňujú do prostredia, kde sú k dispozícii rastlinám, alebo sú znovu zabudované do tel mikroorganizmov. Čím rýchlejšia je obnova biomasy, tým rovnomernejšie sa živiny uvoľňujú do pôdy.

Biologickú sorpciu uhlíka a dusíka sme sledovali jednak v čistých kultúrach izolovaných pôdných mikromycét v laboratórnych podmienkach a jednak v biomase pôdných mikromycét stanovenej mikroskopickou metódou, kde obsah uhlíka a dusíka boli vypočítané na základe experimentálne získaných údajov s čistými kultúrami.

Sorpciu uhlíka a dusíka do tiel mikromycét sme sledovali v čistých kultúrach u 22 druhov, ktoré boli určené ako druhy dominantné pre daný pôdny typ. Išlo o druhy z čeledí *Mucoraceae*, *Sphaeraceae*, *Moniliaceae*, *Dematiaceae* a *Tuberculariaceae*. Čisté kultúry boli naočkované na tekuté kultivačné prostredie, kde zdrojom dusíka boli dusičnan sodný a dusičnan amónny. Tekuté kultivačné prostredia boli pripravené podľa Czapek-Doxa. Zdrojom uhlíka bola glukóza, ktorou sa upravil pomer C:N v kultivačnom prostredí na hodnoty 5:1, 10:1, 25:1 a 50:1. Na 16. deň kultivácie sme stanovili sušinu mikromycét a v nej obsah dusíka (destilačne) a uhlíka (kolorimetricky), ako opísali Drobňík et al. (1954).

Biomasa pôdných mikromycét bola stanovená v pôdných vzorkách odobratých z hĺbky 15 cm každých 14 dní zo štyroch pokusných polí počas dvoch rokov:

1. variant hnojený maštaľným hnojom v dávke 30 t/ha;
2. variant hnojený maštaľným hnojom v dávke 30 t/ha + vápnenie v dávke 5 t/ha;
3. variant vápnený dávkou 5 t/ha;
4. kontrola.

Biomasu mikromycét sme stanovili mikroskopickou metódou. K 2 g pôdnej vzorky sme pridali 2 ml 0,1% anilínovej modrej rozpustnej v 95% etanole. Zmes sme rozotreli na porcelánovej miske a po 2 min sme pridali 100 ml destilovanej vody. Suspenziu sme trepali 10 min a potom sme 1 ml tejto suspenzie spolu s 20 až 30 ml destilovanej vody preniesli na membránovom filtri do prístroja Filtra a filtrovali cez membránový filter s priemerom pórov 1,5 μ m (Synpor č. 4). Po filtrácii sme membránový filter so suspenziou nechali na vzduchu uschnúť, vyrezali sme 1 cm² a tento kúsok sme zaliali kanadským balzamom. Takto pripravený trvalý preparát sme použili na stanovenie biomasy mikromycét (Bernát et al., 1984).

Z údajov o momentálnej vlhkosti, teplote pôdy a celkovej biomase mikromycét (biomasa spór a biomasa mycélia) sme vypočítali korelačné koeficienty (Vorobjeva, 1975; Blagodatskij, 1987).

Podľa experimentálnych údajov boli vypočítané množstvá uhlíka a dusíka v biomase mikromycét.

Charakteristika pôdy: oglejená hnedá pôda z lokality Boďovce, okres Spišská Nová Ves. Ide o zhutnenú pôdu, ktorej pH (KCl) je 5,3; C_{ox} je 1,59 %; N_t 0,22 %; obsah humusu 2,74 %; pomer HK:FK 0,48; objemová hmotnosť 1,41 g/cm³ a špeciálna hmotnosť 2,59 g/cm³.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre posúdenie významu mikroorganizmov pri premene látok a toku energie v pôde je potrebné zaoberať sa nielen zisťovaním fyziologických vlastností a intenzít týchto vlastností, ale aj ich kvantitatívnymi zmenami a sorpciou dôležitých živín do biomasy mikroorganizmov.

Aby bolo možné aspoň čiastočne si urobiť predstavu o množstve dôležitých prvkov viazaných do biomasy mikroorganizmov, je potrebné zistiť obsah týchto prvkov priamo v jednotlivých druhoch. Prakticky nie je možné otestovať všetky pôdne mikroorganizmy a zatiaľ nie je známy spôsob získavania mycélia z pôdných podmienok, a tým získať údaje o kvalite a kvantite uhlíkatých a dusíkatých zlúčenín uložených v biomase pôdy. Z týchto dôvodov sme sa zamerali na niektoré dominantné druhy, ktoré v danom pôdnom type prevládajú a tvoria najväčšiu časť biomasy, a v nich sme zisťovali obsah uhlíka a dusíka v laboratórnych podmienkach. Aby sme sa aspoň trochu priblížili predpokladaným pôd-

ným podmienkam, menili sme v kultivačnom prostredí pomer C : N. Pomer C : N rovné 5 : 1, 10 : 1, 25 : 1 a 50 : 1 sme určili z toho dôvodu, že v tomto rozsahu môže byť aj pomer C : N v našich pôdach, hoci v poľnohospodárskych, spravidla nie je širší ako 15 : 1 (Bernát et al., 1987). Ďalej sme vychádzali z praktických skúseností, že pomer C : N v myceliu nemusí byť v rozmedzí od 5 : 1, ako to vyplýva z kultivácie tzv. biomolu (Ivanov, Stabnikova, 1987), do 7 : 1, čo vyplýva zo sumarizácie pomerov pre biomasu (Anderson, Domsch, 1980), ale môže sa meniť nielen vzhľadom na pomer C : N v prostredí, ale aj v závislosti od druhu, prípadne skupiny mikroorganizmov. Preto sme do súboru sledovaných mikromycét vybrali zástupcov čeladi *Mucoraceae*, *Sphaeraceae*, *Moniliaceae*, *Dematiaceae* a *Tuberculariaceae*.

Naše predpoklady sa experimentálne potvrdili. Veľmi malé zmeny sú v celkovom obsahu uhlíka u všetkých sledovaných druhov. Obsah uhlíka sa u všetkých druhov mikromycét a pomerov C : N v kultivačnom prostredí mení od 45,4 do 53,2 %. I keď rozdiely obsahu uhlíka sú vcelku malé, možno s istotou tvrdiť, že u všetkých sledovaných druhov sa so zvyšovaním pomeru C : N v prostredí zvyšuje obsah uhlíka v myceliu. Medzi jednotlivými skupinami mikromycét nie sú v obsahu uhlíka podstatné rozdiely.

Zmeny v obsahu dusíka sú pomerne značné v závislosti od druhu mikromycét a od pomeru C : N v prostredí. Toto zistenie súhlasí s výsledkami uvádzanými v literatúre (Allison, 1973), že obsah dusíka v mikrobiálnych kultúrach sa mení so zmenou substrátu. Všeobecne môžeme konštatovať, že vo všetkých sledovaných druhoch sa obsah dusíka znižuje so zvyšovaním pomeru C : N v prostredí, a to z hodnoty 4,72 % pri pomere C : N = 5 : 1 na 3,14 % pri pomere 50 : 1. U niektorých druhov je tento pokles výraznejší: *Penicillium frequentans* — zo 6,78 na 2,88 % a *Penicillium fumiculosum* — zo 6,97 na 3,43 %. Rozdiely v obsahu dusíka nájdeme aj medzi jednotlivým čeladami mikromycét. Tieto hodnoty sú zistené pri použití NaNO_3 v kultivačnom prostredí.

Pretože v pôdných podmienkach zásadný význam, pokiaľ ide o dusík, má biologická sorpcia jeho anorganických foriem, predovšetkým vo forme amoniaku (Alexander, 1977), sledovali sme aj vplyv dusičnanu amónneho na sorpciu uhlíka a dusíka do mycelia. Pomer C : N v myceliu bol v tomto prípade nižší a rozdiely pri odlišných pomeroch C : N v kultivačnom prostredí boli podstatne menšie ako pri použití samotnej dusičnanevej formy dusíka.

Získané výsledky umožňujú presnejšie bilancovať potrebu živín na stavbu biomasy, ako aj potrebu uhlíkatého a energetického zdroja na biologickú väzbu dusíkatého zdroja.

Pri bilancovaní tvorby biomasy a potreby dusíka môžeme vychádzať z rovnice tzv. biomolu (Ivanov, Stabnikova, 1987). Podľa tohoto prepočtu je potrebných 94 mg dusíka na syntézu 1 g suchej biomasy. Pri priemernom obsahu uhlíka v biomase 50 % by potom pomer C : N bol 5,32. Kjeller, Struwe (1982) udávajú pomer v biomase vyšší, a sice 7,8. Z našich údajov však vyplýva, že tento pomer môže byť ešte vyšší (13,8). Táto hodnota pomeru C : N v myceliu sa nemenila v závislosti od pomeru C : N v prostredí, hoci Bosatta, Berendse (1984) tvrdia, že pomer C : N v substráte môže byť približne zhodný s C : N v mikrobiálnej plazme, t. j. jeho obsah sa mení v závislosti od zmeny C : N v prostredí.

Pri kvantitatívnom stanovení celkovej biomasy pôdných mikromycét je potrebné vyčíslvať celkovú biomasu podľa jednotlivých stanovení v priebehu sledovaného obdobia, to znamená stanovovať ju v krátkych časových intervaloch počas celého vegetačného obdobia. Z výsledkov stanovenia biomasy v poľných podmienkach v 14denných intervaloch vyplýva, že množstvo biomasy kolíše v určitých hodnotách (od 45 do 120 kg/ha), ktoré sú ovplyvnené ekologickými faktormi (pôdna vlhkosť a teplota) a technogénnymi faktormi (hnojenie, orba a i.), ktoré určujú podiel aktívnej a odpočinkovej formy mikromycét. Poznanie zastúpenia aktívnej a odpočinkovej formy mikromycét na celkovej biomase je dôležité, pretože len aktívna časť sa zapája do syntézy a rozkladu látok v pôde. Teda ak poznáme jej množstvo, poznáme aj množstvo živných látok viazaných i uvoľnených (po odumretí organizmu) do prostredia. Percentuálny podiel mycélia, t. j. aktívnej časti, sa pohyboval v sledovaných variantoch od 43,2 do 56,6 z celkovej biomasy (tab. I). Tieto údaje sú v súlade s údajmi v literatúre (Mirčink et al., 1981 a i.).

I. Priemerné hodnoty celkovej biomasy, spór, mycélia v kg/ha a percentuálne zastúpenie mycélia za mesiac v hlavnom vegetačnom období a počet obnovení — The average values of total biomass, spores, mycelium in kg per ha, and the percentual monthly proportions of mycelium in the main growing season, and the number of regenerations

Variant	Rok									
	1986					1987				
	CB	BS	BM	%	PO	CB	BS	BM	%	PO
1 — MH	72,7	32,4	40,3	55,4	3,2	80,9	40,2	40,7	50,3	3,0
2 — MH + Ca	89,3	40,1	49,2	55,0	4,1	120,4	53,8	66,6	55,3	4,2
3 — Ca	90,4	39,2	51,2	56,6	3,5	99,0	39,2	39,8	40,2	2,9
4 — kontrola	60,2	30,0	30,2	50,1	3,2	73,0	45,0	28,0	38,4	3,2

CB — celková biomas
BS — biomas spór
BM — biomas mycélia
PO — počet obnovení

MH — maštalný hnoj (30 t.ha⁻¹)
MH + Ca — maštalný hnoj (30 t.ha⁻¹) + vápnenie (5 t.ha⁻¹)
Ca — vápnenie (5 t.ha⁻¹)

Z údajov o podiele aktívnej formy mikromycét a počte obnovení biomasy za časovú jednotku (rok, hlavné vegetačné obdobie) môžeme zistiť, aká je rýchlosť väzby a uvoľnenia biogénnych prvkov do biomasy a v akých časových intervaloch dochádza k odčerpaniu živín z pôdy. Čím je počet obnovení biomasy väčší, tým častejšie dochádza k uvoľneniu prvkov do okolitého prostredia. Podľa získaných údajov počet obnovení za rok bol v roku 1986 v sledovaných variantoch 6,6 až do 8,4krát. Za rok 1987 bol počet obnovení väčší (5,6 až 9,2krát). Z toho temer polovica pripadá na hlavné vegetačné obdobie, predovšetkým na jeho začiatok a koniec.

Z údajov o počte obnovení (t. j. prírastkov a úbytkov biomasy) môžeme vypočítať obsah biogénnych prvkov, v našom prípade obsah uhlíka a dusíka v mycéliu. Ide o pomerne značné množstvo týchto

II. Priemerné množstvá uhlíka a dusíka v aktívnej časti biomasy za hlavné vegetačné obdobie v kg/ha — The average amounts of carbon and nitrogen in the active part of biomass for the main growing season in kg per ha

Rok	1986		1987	
	obsah N	obsah C	obsah N	obsah C
Variant				
1 — maštalný hnoj (30 t.ha ⁻¹)	5,6	77,3	6,3	86,8
2 — maštalný hnoj (30 t.ha ⁻¹) + + vápnenie (5 t.ha ⁻¹)	7,1	98,6	9,0	124,3
3 — vápnenie (5 t.ha ⁻¹)	7,5	103,4	7,2	100,1
4 — kontrola	5,0	70,0	6,3	87,7

prvkov (tab. II). Z tohto množstva zostáva temer polovica viazaná v myceliu. Ovšem požiadavka biomasy na tieto prvky bude oveľa vyššia, ak si uvedomíme, že k tejto sume musíme pripočítať nároky baktérií, aktinomycét, myxomycét a zoedafónu.

Ako sme už uviedli, na biomasu mikromycét, hlavne na jej aktívnu zložku vplýva vlhkosť a teplota. Aká je miera vzájomnej závislosti, udáva lineárny korelačný koeficient. Preukazný korelačný koeficient sme zistili medzi pôdnou vlhkosťou a biomasou mikromycét, pohyboval sa v rozmedzí od 0,86 do 0,89. Medzi pôdnou teplotou a biomasou mikromycét sme preukazný korelačný koeficient nezistili.

Literatúra

- ALEXANDER, M.: Introduction to soil microbiology. New York, Wiley 1977.
- ALLISON, F. E.: Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier 1973.
- ANDERSON, J. P. E. — DOMSCH, K. H.: Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. Soil Sci., 130, 1980, č. 4, s. 211-216.
- BERNÁT, J. — BRAUNOVÁ, O. — MIRČINK, T. G.: Determination of the micro-fungal biomass. ACTA FRNUC, Microbiologia XI, 1984, s. 1-7.
- BERNÁT, J. — BRAUNOVÁ, O. — ŠIROKÁ, K.: Sorpcia dusíka mikromycétami. [Čiastočná záverečná správa.] Bratislava, 1987.
- BLAGODATSKIJ, S. A.: Mikrobiologičeskaja immobilizacija azota v seroj lesnoj počve v zavisimosti ot agrotehničeskich prijemov. [Dizertácia.] Moskva, 1987.
- BOSATTA, E. — BERENDSE, F.: Energy or nutrient regulation of decomposition: Implications for the mineralization-immobilization response to perturbations. Soil Biol. and Biochem., 16, 1984, č. 1, s. 63-67.
- DROBNÍK, J. — KOZDERKOVÁ, V. — BERNÁT, J.: Praktikum z půdní mikrobiologie. Praha, SPN 1954.
- IVANOV, V. N. — STABNIKOVA, E. V.: Stechiometria i energetika mikrobiologičeskich processov. Kijev, Naukova Dumka 1987.
- KJØLLER, A. — STRUWE, S.: Microfungi in ecosystems: Fungal occurrence and activity in litter and soil. Oikos, 39, 1982, s. 391-422.
- MIRČINK, T. G. — STEPANOVA, L. N. — MARFENINA, O. E.: Charakteristika komplexov gribov-mikromicetov nekotorych počvennych tipov Sovetskogo Sojuza. Vest. Mosk. Univ. Ser. 6, 1981, č. 1, s. 35-39.
- VOROBEVA, N. K.: Praktikum po fizičeskoj chimii. Moskva, Chimija 1975.

Došlo dňa 25. 3. 1988

БРАУНОВА, О. — ШИРОКА, К. (Институт почвоведения и питания растений, Братислава): *Динамика азота и углерода в биомассе микромицетов*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 995-1001.

В настоящее время методически трудно определить содержание биогенных элементов в биомассе почвенной фауны, т. е. и микромицетов. Учитывая данное, произвели определение некоторых биогенных элементов (углерода и азота) в сухом веществе чистых культур (было отобрано 22 доминирующих микромицетов). Соотношение C : N в чистых культурах при использовании двух минеральных источников (NaNO_3 и NH_4NO_3) и при четырех соотношениях C : N в культивационной среде (C : N = 5 : 1, 10 : 1, 25 : 1 и 50 : 1) было приблизительно 13,8. Изменения в общем содержании азота у всех изучаемых видов и соотношений C : N были не большие, его содержание изменялось от 45,4 до 53,2 %. Результаты однако показали, что увеличением соотношения C : N увеличивалось и содержание углерода в мицелиуме. Содержания азота изменялись довольно значительно в зависимости от вида и соотношения C : N в среде и использованного источника азота. Количество общей биомассы в среднем колебалось от 60 до 120 кг/га в слое 0—15 см. На количество и число обновлений биомассы микромицетов в уплотненной почве наиболее положительно влиял навоз, когда общая биомасса микромицетов достигала 120 кг/га и было самое высокое количество обновлений (8,2 раза за 1 год). Количество азота содержащегося в биомассе во время основного периода вегетации составляет 83 кг/га и при обновлении биомассы увеличивается трижды.

биомасса; микромицеты; соотношение C : N; содержание C_{ox} и N_t в мицелиуме; уплотненная почва

BRAUNOVÁ, O. — ŠIROKÁ, K. (Institute of Soil Science and Plant Nutrition, Bratislava): *Dynamics of Nitrogen and Carbon in the Biomass of Micromycetes*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 995-1001.

It is methodically difficult at present to determine the content of biogenous elements in the biomass of the soil fauna, including micromycetes. With respect to this, some biogenous elements (carbon, nitrogen) were determined in the dry matter of pure cultures (22 dominant micromycete species were picked out). With the use of two inorganic sources (NaNO_3 and NH_4NO_3) and with four C : N ratios in the culture medium (C : N = 5 : 1, 10 : 1, 25 : 1, 50 : 1) the C : N ratio in pure cultures was about 13.8. The changes in the carbon content in all tested species and at all C : N ratios were small and the carbon content varied from 45.4 to 53.2 %. However, the results showed that the content of carbon in mycelium grew with increasing C : N ratios. As for nitrogen, the changes in its content were comparatively large, depending on the species and on the C : N ratio in the medium and on the nitrogen source. The total biomass ranged from 60 to 120 kg per ha at the depth to 15 cm. The quantity of regenerated micromycete biomass and the regeneration rate in compacted soil were best influenced by dung, when the total micromycete biomass reached 120 kg per ha, the biomass being regenerated 8.2 times a year. The amount of nitrogen in the biomass during the main growing season is 83 kg per ha, the biomass being regenerated three times.

biomass; micromycetes; C : N ratio; C_{ox} and N_t contents in mycelium; compacted soil

BRAUNOVÁ, O. — ŠIROKÁ, K. (Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bratislava): *Stickstoff- und Kohlenstoffdynamik in der Biomasse von Mikromyzeten*. Rostl. Výr., 34, 1988 (9) : 995-1001.

Vom methodischen Gesichtspunkt her ist es gegenwärtig schwierig den Gehalt an biogenen Elementen in der Biomasse der Bodenfauna, d. h. auch der Mikromyzeten, zu bestimmen. In bezug auf diese Tatsache nahmen wir eine Bestimmung einiger biogener Elemente (Kohlenstoff, Stickstoff) in der Trockensubstanz reiner Kulturen vor (es wurden 22 dominante Mikromyzetenarten herangezogen). Das Verhältnis von C : N in den reinen Kulturen lag bei Anwendung zweier anorganischen Quellen (NaNO_3 und NH_4NO_3) und bei viererlei Verhältnissen von C : N im Kultivationsmedium (C : N = 5 : 1, 10 : 1, 25 : 1 und 50 : 1) um 13,8. Die Veränderungen

im Gesamtkohlenstoffgehalt waren bei sämtlichen untersuchten Arten und C:N-Verhältnissen gering und dieser Gehalt änderte sich im Bereich von 45,4 bis 53,2 ‰. Die Ergebnisse erwiesen jedoch, daß sich mit dem Anstieg des C:N-Verhältnisses auch der Kohlenstoffgehalt im Myzelium erhöhte. Im Stickstoffgehalt waren die Veränderungen in bezug auf dessen Gehalt verhältnismäßig hoch in Abhängigkeit von der Art und dem C:N-Verhältnis im Milieu sowie von der angewandten Stickstoffquelle. Die Menge der Gesamtbiomasse bewegte sich im Mittel von 60 bis 120 kg/ha in 15 cm Tiefe. Den besten Einfluß auf die Menge der Mikromyzetenbiomasse und auf die Zahl deren Erneuerungen in verdichtetem Boden übte Stalldung aus, wobei die Gesamtbiomasse der Mikromyzeten 120 kg/ha und die höchste Zahl der Erneuerungen erreichte (8,2mal pro Jahr). Die Stickstoffmenge in der Biomasse während der Hauptvegetationszeit betrug 83 kg/ha bei dreimaliger Biomasseerneuerung.

Biomasse; Mikromyzeten; Verhältnis C:N; C_{ox} - und N_t -Gehalt im Myzelium; verdichteter Boden

Adresa autoriek:

RNDr. Olívia Braunová, CSc., RNDr. Katarína Široká, Výskumné centrum pôdnej úrodnosti — Ústav pôdoznalectva a výživy rastlín, Rožňavská 23, 823 69 Bratislava

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky a současný stav v dané oblasti.

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být připojen souhlas vedoucího pracoviště s publikací článku a prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

Jednotlivé práce nemají přesahovat rozsah 12 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Technická úprava rukopisu

Úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádek, mezi řádky dvojité mezery). Ilustrace, grafy, tabulky a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na zadní straně se vyznačí tužkou pořadové číslo obrázku nebo grafu a napíše se jméno autora článku. Texty k obrázkům a grafům se dodávají na zvláštním listě, umístění se označuje na levém okraji příslušné strany rukopisu číslicí v kroužku. Tabulky se číslují zvlášť římskými číslicemi.

Vlastní úprava práce

Název práce (titul) nemá přesahovat 85 úhozů. Jména autorů se uvádějí bez titulů s počátečním písmenem jména.

Souhrn — Vypracování souhrnu je nutné věnovat obzvláštní péči. Autor do něho má shrnout vše, co je na jeho práci pozoruhodné a nové a co má být dokumentováno. Souhrn má být nekritickým informačním výběrem významného obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, nemá ji však nahradit. Nesmí překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl psán celými větami a ne telegrafickým způsobem. Souhrn začíná jménem autorů, adresou pracoviště, titulem článku a citací časopisu.

Klíčová slova (Key words, index terms) — Připojují se po vynechání řádku pod souhrn. Klíčovým slovem rozumíme substantivum, které je nutné pro věcné zařazení předložené práce. Klíčová slova se řadí směrem od obecnějších výrazů ke konkrétním. Začínají malým písmenem a oddělují se středníkem. Jejich počet závisí na povaze práce a neměl by klesnout pod tři a převýšit dvanáct slov.

Úvod — Má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce uskutečněna a velmi stručnou formou stav studované otázky. Je nutno se v něm vyhnout rozsáhlým historickým přehledům. Uvádí se bez nadpisu, je možné v něm uvést k práci se vztahující autory, přičemž se doporučuje co nejnížší počet autorů.

Materiál a metoda — Metody se popisují pouze tehdy, jsou-li původní, jinak postačuje citovat autora metod a uvádět jen případné odchylky. Je v nich popsán pokusný materiál. Popis metody by měl umožnit, aby kdokoliv z odborníků mohl podle něho a při použití uvedených citací práci opakovat.

Výsledky — Doporučuje se nepoužívat k vyjádření kvantitativních stavů tabulek a dát přednost grafům, anebo tabulky shrnout v statistickém hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse — Obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostacích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se ocitovat jen ty autory, kteří mají k publikované práci bližší vztah), pokud mají souvislost nebo jsou s předloženou prací nějak srovnatelné.

Literatura — Musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197, tj. citace seřadit abecedně podle jména prvních autorů; příjmení (verzálkami); zkratka jména (dvojtečka); plný název práce (tečka); úřední zkratka časopisu, ročník, rok vydání, číslo, první stránka — poslední stránka (před číslo se uvádí zkratka č. a před první stránku s.); u knih je uvedeno místo vydání, vydavatel a rok. Odkazy na literaturu v textu jsou uvedeny jménem autora (čárka) a rokem vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu.

Pokud autor používá v práci zkratk jakéhokoliv druhu, je nutné, aby se předešlo omylům při překladech. V názvu práce a v souhrnu je lépe zkratk nepoužívat.

Na zvláštním listě uvede autor plné jméno (i u spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ.

STANOVENÍ BIOMASY PŮDNÍ MIKROFLÓRY POMOCÍ JENKINSONOVA TESTU

A. Tyllová

TYLLOVÁ, A. (Univerzita Karlova, přírodovědecká fakulta, Praha): *Stanovení biomasy půdní mikroflóry pomocí Jenkinsonova testu*. Rostl. Vyr., 34, 1988 (9) : 1003-1008.

Statisticky byl prověřen modifikovaný Jenkinsonův test pro stanovení množství biomasy půdní mikroflóry. Na čtyřech různých vzorcích půdy byla prokázána spolehlivost výsledků při rutinním zvládnutí metodiky.

zemina; Jenkinsonův test; biomasa; fumigace

Půdní mikroflóra jako součást ekosystému je prostředníkem, jehož pomocí se uskutečňují transformace látek. Stanovení biomasy je tedy jednou z důležitých charakteristik.

Jenkinson, Powlson (1976b) navrhli metodu na určování biomasy půdní mikroflóry. V sérii článků (Jenkinson, Powlson, 1976a) popsali, jak biocidální ošetření ovlivňuje metabolismus živin v půdě, zvláště směrem ke stupni dekompozice způsobené fumigací (tj. zakouřením chloroformem).

Metoda (Jenkinson, Powlson, 1976b) spočívala v inkubaci zeminy, která byla předem zbavena mikroorganismů parami chloroformu, znovu naočkována původní mikroflórou a inkubována. Dobu inkubace zvolili deset dnů. Biomasu vypočetli z rozdílu produkce CO₂ mezi původní a znovu naočkovanou půdou. Metodu prověřovali na dlouhodobě sledovaných půdách a porovnávali půdy oseté pšenicí, nehnojené, hnojené anorganickými hnojivy a statkovým hnojivem. Metoda vzbudila značný zájem.

Anderson, Domsch (1978) použili uvedenou metodu poněkud pozměněnou (100 g půdy inkubovali při 22 °C místo při 25 °C) a dále použili radioaktivně značených bakterií a hub. Zpracovali lesní i zemědělské půdy. Místo v uzavřených nádobách prováděli měření kontinuálně. Vývoj CO₂ měřili hodinově a nikoliv až po deseti dnech inkubace.

Lynch, Panting (1980) použili popsanou metodu pro srovnání produkce biomasy u půdy, kde byla provedena orba a kde orba provedena nebyla. Vyšší produkce biomasy byla zaznamenána u nezoraných půd. Také sledovali množství biomasy během různých ročních období a zjistili, že na jaře a v létě byla biomasa vyšší asi třikrát než na podzim a v zimě. Navážku použili 100 g a inkubační teplotu 20 °C.

Ross et al. (1980) použili tuto metodu pro zjištění vlivu skládování při různých teplotách (25, 4 a -20 °C). Zjišťovali biomasu, jejíž

hodnoty se mohou měnit při všech skladovacích teplotách; nejméně se mění při -20°C , nejvhodnější skladovací teplota je 4°C .

U nás tuto metodu vyzkoušel V r a n ý (1985). Všiml si okolnosti, že změna půdní vlhkosti, hlavně její úbytek, může způsobit odumírání mikroorganismů, a tedy může ovlivnit měření hodnot biomasy.

Uvedená metoda je ve světě široce používána už deset let v různých úpravách a k různým účelům výzkumu. Je uznávána a srovnávána s ostatními biologickými metodami. Cílem práce bylo rutinně zvládnout jednu z modifikací této metody a ověřit její reprodukovatelnost, a tím použitelnost pro půdně biologické studium.

MATERIÁL A METODY

Jako materiál pro zhodnocení půdní biomasy byly vybrány tyto půdy: černozem z lokality Líbeznice, hnědozem z lokality Mělník a rendzina z lokality Kóda.

Vzorky byly odebrány ze zemědělských lokalit ze svrchních 20 až 25 cm. Byly ponechány na vzduchu a když proschly, byly prosátý sítím o velikosti ok 2 mm, případně 2 až 4 mm. Tak byla získána jemnozem pod 2 mm (Líbeznice, Mělník, Kóda) a v jednom případě byly získány agregáty 2 až 4 mm.

Charakteristika uvedených vzorků je znázorněna v tab. I (změřeno v ÚEB ČSAV).

Metodický postup

Byla stanovena biomasa mikroflóry v půdních vzorcích Jenkinsonovou metodou upravenou mikrobiologickým ústavem ČSAV (Čatská, ústní sdělení) pro pokusy s rostlinou.

Na dno každého exsikátoru ($\varnothing$ 300 mm) byly vloženy tři filtrační papíry a napipetováno 50 ml destilované vody a vložena miska s 50 ml destilované vody. U sou-

I. Charakteristiky použitých zemín (mg na 100 g sušiny) — Characteristics of the soil used in the test (mg per 100 g of dry matter)

Lokalita	Mělník	Kóda	Líbeznice	Kóda
Velikost agregátu	jemnozem	jemnozem	jemnozem	4–2 mm
$\text{NH}_4^+ - \text{KCl}$	1,279	0,845	2,400	1,121
$\text{NH}_4^+ - \text{H}_2\text{O}$	0,910	0,532	1,554	0,631
$\text{NO}_3^- - \text{H}_2\text{O}$	33,54	21,41	19,65	22,65
N_t	216,66	202,65	205,83	193,40
Sacharidy	70,18	55,81	64,40	65,55
Proteiny	241,70	202,65	206,90	256,70
C_{ox}	0.867%	0.933%	0.969%	0.974%
pH	6,86	6,79	6,70	6,74
Sušina (%)	81,14	91,11	85,83	94,81
Mineralizační test				
(24 hod)	14,69	20,57	18,66	20,84
(48 hod)	21,42	28,80	24,61	27,67
Kapilární kap. dle Shawa (%)	33,9	39,7	34,9	32,4
Měrný povrch ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	38,70	94,76	84,98	55,20

běžného exsikátoru pro fumigaci byla vložena miska s 50 ml chloroformu a varnými kuličkami. Na vložku exsikátoru byly umístěny Petriho misky s 50 g zeminy ovlhčené na určitou zvolenou vlhkost. Do exsikátoru bez chloroformu byla dána miska navíc (inokulum). Exsikátory byly uzavřeny a byl odsát vzduch. Po 18 až 24 h byly misky převáženy a doplněny na původní ovlhčení. Zemina byla kvantitativně přemístěna pomocí špachtle do sérovek po 500 ml, byla naočkována pomocí pipety s odříznutou špičkou po 3 ml inokula. Do sérovky byla vložena zkumavka s 20 ml 1M NaOH a sérovky byly uzavřeny gumovou zátkou a šroubovým uzávěrem. Pro kontrolu byla přidána sérovka, kde byla zemina nahrazena 50 g písku.

Inokulum pro naočkování bylo získáno tak, že obsah jedné misky navíc byl smíšen s 50 ml vody a třepán půl hodiny. Po dekantaci byl použit filtrát 3 ml pro inokulaci. Inkubace trvala deset dnů při 21 a 25 °C.

Analytické stanovení: Obsah 1M NaOH byl titrován 1M HCl za přidání 10 ml 50% BaCl₂ na fft a bylo vypočteno množství CO₂ podle schématu:

$$A = B - C$$

kde: A — množství biomasy v mg CO₂/1000 g suché půdy,

B — mg CO₂ zakouřené půdy,

C — mg CO₂ nezakouřené půdy.

Konečný přepočet byl proveden v mg CO₂/1000 g suché půdy. Zhodnocení výsledků bylo provedeno statisticky.

VÝSLEDKY A DISKUSE

První ze čtyř vzorků popsaného souboru zemin Kóda (velikost agregátů 2 až 4 mm; Jenkinsonův test při 25 °C a ovlhčení 28 % hmotn. H₂O) byl analyzován 12krát. Dixonovým testem extrémních odchylek (Reisenauer, 1970) byly vyloučeny dva členy: 1823,2 a 1056,6 (tab. II). Se zbývajcími členy byl proveden výpočet statistických dat vhodných pro zhodnocení přesnosti a spolehlivosti metody.

Počet členů souboru $n = 10$; odhad střední hodnoty $(\bar{x}) = 863,8$ mg CO₂/1000 g s. p.; výběrová směrodatná odchylka $S_x = 46,759$; střední chyba = 14,787; velikost intervalu spolehlivosti pro $P_{0,05} = 830 - 897$ mg CO₂/1000 g s. p. a pro $P_{0,01} = 815 - 911$ mg CO₂/1000 g s. p.; výpočet rozsahu náhodného výběru, resp. nutný počet rozborů pro 95% spolehlivost a rozptyl 50 mg CO₂/1000 g s. p. jsou tři až čtyři rozborů a pro 99% spolehlivost šest rozborů; počet rozborů pro 95% spolehlivost a rozptyl 25 mg CO₂/1000 g s. p. je 13 až 14 rozborů a pro 99% spolehlivost 23 rozborů.

V tab. II jsou uvedeny základní naměřené hodnoty souboru.

Z uvedených statistických dat a z naměřených hodnot (tab. II) je zřejmé, že i po vyloučení extrémních hodnot ze souboru je dosti značný rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou. Z velikosti intervalu spolehlivosti a z něj odvozeného počtu nutných rozborů při požadavku vyšší přesnosti je vidět, že počet nutných rozborů je poměrně velký.

Druhý vzorek z lokality Kóda jemnozem pod 2 mm (Jenkinsonův test při 21 °C a ovlhčení 26 % hmotn. H₂O) tvořil dvacetičlenný soubor, tj. $n = 20$; odhad střední hodnoty $(\bar{x}) = 954,58$ mg CO₂/1000 g s. p.; výběrová směrodatná odchylka $S_x = 29,449$; střední chyba = 14,787; velikost intervalu spolehlivosti pro $P_{0,05} = 940,80 - 968,36$ mg CO₂/1000 g s. p. a pro $P_{0,01} = 935,74 - 973,42$ mg CO₂/1000 g s. p.; nutný počet rozborů pro 95% spolehlivost a rozptyl 50 mg CO₂/1000 g s. p. jsou jeden až dva a pro 99% spolehlivost dva až tři rozborů; pro rozptyl 25 mg

Opakování	Kóda (2–4 mm) 28 % hmot. H ₂ O	Kóda (pod 2 mm) 26 % hmot. H ₂ O	Líbeznice (pod 2 mm) 23 % hmot. H ₂ O	Mělník (pod 2 mm) 20 % hmot. H ₂ O
1.	826,8	946,56	568,80	703,52
2.	882,0	946,56	516,91	603,02
3.	882,0	946,56	568,60	703,52
4.	771,7	996,38	516,92	603,02
5.	871,8	996,38	516,91	653,27
6.	898,2	996,38	568,60	603,02
7.	871,8	996,38	568,60	610,41
8.	810,3	996,38	542,76	559,54
9.	926,1	971,47	542,76	610,41
10.	897,1	971,47	568,60	610,41
11.	1056,6	937,64	592,43	661,27
12.	1823,2	937,64	566,68	584,97
13.		912,96	566,68	609,42
14.		912,96	640,92	609,42
15.		912,97	592,43	609,42
16.		937,64	566,68	634,81
17.		937,64	566,68	634,81
18.		937,64	540,92	609,42
19.		937,64	566,68	
20.		962,32	566,68	

CO₂/1000 g s. p. a 95% spolehlivost pět až šest rozborů a pro 99% spolehlivost devět rozborů.

Třetí soubor vzorků půdy Líbeznice má $n = 20$; odhad střední hodnoty $\bar{x} = 557,3$ mg CO₂/1000 g s. p.; výběrová směrodatná odchylka $S_x = 22,346$; střední chyba $s_x = 4,996$; velikost intervalu spolehlivosti pro $P_{0,05} = 546,85 - 567,75$ mg CO₂/1000 g s. p. a pro $P_{0,01} = 543,01 - 571,59$ mg CO₂/1000 g s. p.; nutný počet rozborů pro 99% spolehlivost a rozptyl 50 mg CO₂/1000 g s. p. je jeden a pro 99% spolehlivost jsou jeden až dva rozborů; pro rozptyl 25 mg CO₂/1000 g s. p. 95% spolehlivost tři rozborů a pro 99% spolehlivost pět až šest rozborů.

Čtvrtý soubor rozborů vzorků půdy Mělník má $n = 18$; odhad střední hodnoty $\bar{x} = 622,98$ mg CO₂/1000 g s. p.; výběrová směrodatná odchylka $S_x = 37,189$; střední chyba $s_x = 8,765$; velikost intervalu spolehlivosti pro $P_{0,05} = 644,49 - 681,47$ mg CO₂/1000 g s. p. a pro $P_{0,01} = 637,58 - 688,38$ mg CO₂/1000 g s. p.; nutný počet rozborů pro 95% spolehlivost a rozptyl 50 mg CO₂/1000 g s. p. jsou dva rozborů a pro 99% spolehlivost čtyři rozborů; pro rozptyl 25 mg CO₂/1000 g s. p. a 95% spolehlivost osm až devět rozborů a pro 99% spolehlivost 15 rozborů.

Při studiu půdy za účelem pěstování kulturních rostlin byla zkoumána především živá složka půdy. Značná pozornost byla věnována

mikrobní složce. Zpočátku převažovaly mikrobiologické metody a stanovení počtu mikrobů. Později se dospělo k metodám půdních testů, jednou z nichž je i metoda Jenkinsona a Powlsona.

Biomasa sice tvoří jen určitou malou část půdy i malou část půdní organické hmoty, je to však nejaktivnější součást půdy a ekosystému, což je důvod pro snahu charakterizovat půdní biomasu.

Naše práce měla prověřit metodiku s malým počtem vzorků a malou navázkou a zjistit statistickým zhodnocením, zda je metoda použitelná pro naše rostlinné pokusy a zda je dostatečně přesná a spolehlivá.

ZÁVĚR

Předložená práce měla ověřit modifikovanou metodu Jenkinsona a Powlsona pro stanovení biomasy půdní mikroflóry. Bylo prokázáno, že procento spolehlivosti se pohybuje mezi 95 až 99 % při potřebném počtu opakování jeden až čtyři rozborů.

Při rutinní práci s dobrým zvládnutím metodiky se čtyřmi paralelními stanoveními lze získat dobré a spolehlivé výsledky bez velkého rozptylu. Doporučený počet opakování je čtyři.

Poděkování

Děkuji za pomoc při matematickém zpracování výsledků RNDr. M. Dvořákoví, CSc., a za pomoc při literárním zpracování ing. M. Králové, CSc., a ing. J. Kubátovi, CSc.

Literatura

ANDERSON, J. P. E. — DOMSCH, K. H.: A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. and Biochem.*, 10, 1978, s. 215-221.

JENKINSON, D. S. — POWLSON, D. S.: The effect of biocidal treatments on metabolism in soil — I. Fumigation with chloroform. *Soil Biol. and Biochem.*, 8, 1976a, s. 167-177.

JENKINSON, D. S. — POWLSON, D. S.: The effect of biocidal treatments on metabolism in soil — V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. and Biochem.*, 8, 1976b, s. 209-213.

LYNCH, J. M. — PANTING, L. M.: Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. and Biochem.*, 12, 1980, s. 29-33.

REISENAUER, R.: Metody matematické statistiky a jejich aplikace v technice. Praha, SNTL 1970.

ROSS, D. J. — TATE, K. R. — CAIRNS, A. — MEYRICK, K. F.: Influence of storage on soil microbial biomass estimated by three biocidal procedures. *Soil Biol. and Biochem.*, 12, 1980, s. 369-374.

VRANÝ, J.: Biomass respiration and carbon degraded chernozem soil and brown soil with repeatedly grown wheat. *Trans. 6th Czechoslov. Soil Sci. Conf.*, 1, 1985, s. 230-235.

Došlo dne 14. 10. 1988

ТЫЛЛОВА, А. (Карлов университет, Биологический факультет, Прага): **Определение биомассы почвенной микрофлоры при помощи теста Енкинсона.** Rostl. Vým., 34, 1988 (9) : 1003-1008.

Статистически проверяли модифицированный тест Енкинсона для определения количества биомассы почвенной микрофлоры. На четырех разных почвенных образцах доказали надежность результатов при полном овладении методики.

грунт; тест Енкинсона; биомасса; фумигация

TYLLOVÁ, A. (Charles University, Faculty of Science, Praha): *Determining the Biomass of Soil Microflora by the Jenkinson Test.* Rostl. Vým., 34, 1988 (9) : 1003-1008.

A modification of the Jenkinson test to determine the biomass of soil microflora was verified statistically. In four different soil samples the results were demonstrated to be reliable if the test routine was mastered.

soil; Jenkinson test; biomass; fumigation

TYLLOVÁ, A. (Karlsuniversität — Naturwissenschaftliche Fakultät, Praha): *Bestimmung der Bodenmikroflorabiomasse anhand des Jenkinson-Tests.* Rostl. Vým., 34, 1988 (9) : 1003-1008.

Mittels statistischer Methoden wurde der modifizierte Jenkinsonsche Test zur Bestimmung der Menge der Bodenmikroflorabiomasse überprüft. An vier verschiedenen Bodenproben konnte die Zuverlässigkeit der Ergebnisse, unter Voraussetzung einer routinemäßigen Beherrschung der Methodik, nachgewiesen werden.

Bodensubstrat; Jenkinson-Test; Biomasse; Fumigation

Adresa autorky:

Alena Tylová, prom. biol., přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Vinická 5, 128 44 Praha 2

Махова М.: Сезонный ход биологической азотфиксации из атмосферы у клевера лугового в первом и во втором годах использования	917
Шимек М.: Нитрогеназная активность (симбиотическая фиксация азота) у клевера лугового (<i>Trifolium pratense</i> L.)	925
Кромка М.: Биологическая фиксация атмосферного азота и газообразные потери азота уходящие из почвы в атмосферу	933
Кубиста К., Клима М., Рыхлы И.: Аммонификация и нитрификация в длительно орошаемой почве	941
Иванич Й., Пачута В.: Изменения в содержании выбранных фракций азота в почве в течении вегетации озимой пшеницы	948
Моухова Г., Клир Я., Бенешова Я.: Использование азота растениями и его вымывание из почвы и удобрения в лизиметрах	958
Лиштянска Я.: Влияние новых типов ингибиторов нитрификации на превращение азота и респирационную активность в почве	966
Копчанова Л., Бумбала Л.: Тиомочевина — ингибитор нитрификации	976
Аплтауер Й., Лиштянска Я.: Влияние ингибиторов нитрификации на превращение и передвижение азота в почве в полевых модельных опытах	983
Драждяк К.: Газообразные продукты денитрификации и их определение	993
Браунова О., Широка К.: Динамика азота и углерода в биомассе микромицетов	1000
Тыллова А.: Определение биомассы почвенной микрофлоры при помощи теста Энкинсона	1008

CONTENTS — Microbiology

Škrdleta V., Lisá L., Němcová M., Hádek J., Kovářová D.: Pea-Rhizobia Symbiosis and its Internal Regulation	905
Máchová M.: Seasonal Pattern of the Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen in Red Clover during the First and Second Cropping Year	917
Šimek M.: Nitrogenase Activity (Symbiotic Fixation of Nitrogen) in Red Clover (<i>Trifolium pratense</i> L.)	925
Kromka M.: Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen and the Gaseous Losses from the Soil to the Air	934
Kubista K., Klíma M., Rychlý I.: Ammonification and Nitrification in Soil Irrigated for a Long Time	941
Ivanič J., Pačuta V.: Changes in Contents of Selected Nitrogen Fractions in the Soil during the Growing Season of Winter Wheat	948
Mouchová H., Klír J., Benešová J.: Utilization of Nitrogen by Plants and Nitrogen Leaching from the Soil and Fertilizer in Lysimeters	958
Lištanská J.: The Effect of New Types of Nitrification Inhibitors of Nitrogen Conversion and Respiration Activity in the Soil	966
Kopčánová L., Bumbala L.: Thiourea as a Nitrification Inhibitor	976
Apltaufer J., Lištanská J.: The Effect of Nitrification Inhibitors on the Conversion and Translocation of Nitrogen in Soil in Field Model Trials	984
Dražďák K.: The Gaseous Products of Denitrification and their Identification	993
Braunová O., Šírká K.: Dynamics of Nitrogen and Carbon in the Biomass of Micromycetes	1000
Tyllová A.: Determining the Biomass of Soil Microflora by the Jenkinson Test	1008

INHALT — Mikrobiologie

Škrdleta V., Lisá L., Němcová M., Hádek J., Kovářová D.: Symbiose der Erbse mit Rhizobium und ihre endogene Regulation	905
Máchová M.: Saisonprofil der biologischen Fixation von Luftstickstoff bei Rotklee im ersten und zweiten Nutzungsjahr	917



Šimek M.: Nitrogenaseaktivität (symbiotische Stickstofffixation) bei Rotklee (<i>Trifolium pratense</i> L.)	925
Kromka M.: Biologische Fixation des atmosphärischen Stickstoffs und Stickstoffgasverluste aus dem Boden in die Atmosphäre	934
Kubista K., Klíma M., Rychlý I.: Ammonisation und Nitrifikation in langfristig bewässertem Boden	942
Ivanič J., Pačuta V.: Veränderungen des Gehalts ausgewählter Stickstofffraktionen im Boden während der Vegetationsperiode beim Winterweizen	949
Mouchová H., Klír J., Benešová J.: Verwertung von Stickstoff durch Pflanzen und dessen Auswaschung aus dem Boden und den Düngemitteln in Lysimetern	959
Lišfanská J.: Einfluß neuer Typen von Nitrifikationsinhibitoren auf die Stickstoffumwandlung und die Respirationsaktivität im Boden	967
Kopčanová L., Bumbala L.: Thioharnstoff als Nitrifikationsinhibitor	976
Apltaufer J., Lišfanská J.: Einfluß von Nitrifikationsinhibitoren auf Umwandlung und Bewegung des Stickstoffs im Boden in Modellfeldversuchen	984
Dražďák K.: Gasprodukte der Denitrifikation und ihre Bestimmung	993
Braunová O., Šířoká K.: Stickstoff- und Kohlenstoffdynamik in der Biomasse von Mikromyzeten	1000
Tyllová A.: Bestimmung der Bodenmikroflorabiomasse anhand des Jenkinson-Tests	1008

Rukopisy odevzdány k tisku 25. 4. 1988, podepsáno k tisku 15. 8. 1988

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA • Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorka RNDr. Eva Stříbrná • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541 • Vytiskl MÍR, Novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2 • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1988
Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, závod 01 — AOT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, závod 01, administrace vývozu tisku, Kafkova 19, 160 00 Praha 6.