



ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

4

VOLUME 43 (LXX)
PRAHA
DUBEN 1997
CS ISSN 0370-663X

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření České akademie zemědělských věd a s podporou Ministerstva zemědělství České republiky

An international journal published by the Czech Academy of Agricultural Sciences and with the promotion of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

Doc. Ing. Josef Šimon, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Členové – Members

Prof. Dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)

Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Prof. Ing. Lubomír Minx, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Ing. Timotej Miština, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Piešťany, SR)

Doc. Ing. Jan Moudrý, CSc. (Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, ČR)

Prof. RNDr. Lubomír Nátř, DrSc. (Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Praha, ČR)

Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)

Ing. Jaromír Procházka, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)

Prof. Ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Doc. Ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)

Prof. Dr. Heinrich W. Scherer (Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich Wilhelms-Universität, Bonn, BRD)

Doc. Ing. Ladislav Slavík, DrSc. (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, ČR)

Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)

Prof. Ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Doc. Ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)

Prof. Dr. hab. Kazimiera Zawiślak (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výzkumu a studie z oborů rostlinná výroba, půdoznalství, meliorace a z navazujících disciplín.

Časopis je citován v bibliografickém časopise *Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences*. Abstrakty z časopisu jsou zahrnuté v těchto databázích: *Agricola*, *Agris*, *CAB Abstracts*, *Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences*, *Czech Agricultural Bibliography*, *Toxline Plus*, *WLAS*.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 43 vychází v roce 1997.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1997 je 672 Kč.

Aims and scope: The journal publishes scientific papers, results of research and studies of the branches plant production, pedology, amelioration and related disciplines.

The journal is cited in the bibliographical journal *Current Contents – Agriculture, Biology and Environmental Sciences*. Abstracts from the journal are comprised in the databases: *Agricola*, *Agris*, *CAB Abstracts*, *Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences*, *Czech Agricultural Bibliography*, *Toxline Plus*, *WLAS*.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 43 appearing in 1997.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1997 is 170 USD (Europe), 177 USD (overseas).

SLEDOVANIE RASTU, VÝVOJA A PRODUKCIE SUŠINY LADENCA ROŽKATÉHO V ČISTEJ KULTÚRE A V MIEŠANKÁCH S TRÁVAMI

INVESTIGATION OF GROWTH, DEVELOPMENT AND DRY MATTER PRODUCTION OF BIRD'S-FOOT TREFOIL IN PURE CULTURE AND IN GRASS MIXTURES

J. Vološin

*Research Institute of Grasslands and Mountain Agriculture, Banská Bystrica, Research
Station, Nitra, Slovak Republic*

ABSTRACT: During two year observations (1963 to 1964) growth and development of bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) in pure culture and in other seven two to four component mixtures in small-scale experiment (Figs 1 to 10) were investigated. We re-evaluate the experiment at present, because there is a possibility to utilize the knowledge obtained with bird's-foot trefoil growing in temporary and reseeded grass-clover mixtures. It is of use especially from the point of view of its low requirements for fertilization, good adaptability to ecological conditions and to various ways of utilization. Nowadays, its larger utilization in agricultural practice is limited by the lack of seed stock. The differences in stem length and stem weight between fertilized and unfertilized variants can be attributed to the activity of rhizobial nitrogen. These aspects were solved in another trial which was established in 1991. During 1990 and 1995 the set of simple mixtures was established and their research continues further on. Present results (Tab. I) show, that temporary grass-clover mixtures can be established with good application of bird's-foot trefoil in combination with the variety of grass components including the tetraploid grasses and intergeneric hybrids. Formation of temporary stands on the basis of a single grass and bird's-foot trefoil enables better utilization of ecological conditions and guarantees better utilization of the mixture by mowing as well as by grazing in optimal maturity stage. Growing such a kind of mixtures can also be possible on the basis of the species with different competitive ability contrary to complicated multi-component mixtures.

bird's-foot trefoil; pure culture; grass mixtures; growth; development; production

ABSTRAKT: V poľných pokusoch v kukuričnej výrobnjej oblasti v Nitre boli založené pokusy na sledovanie rastu, vývoja, ale i produkcie sušiny laddenca rožkatého v čistej kultúre i v miešankách s trávami. Vytvorenie porastov pre kosné i pasienkové využitie na báze jednej trávy s laddencom rožkatým nám umožňuje zaradiť trávne komponenty s rozdielnou konkurenčnou schopnosťou, čo je v zložitejších viackomponentných miešankách problematické. Vzhľadom na stúpajúci význam laddenca rožkatého aj pre účely mimoprodukčné venujeme väčšiu pozornosť i jeho semenárstvu.

laddenec rožkatý; čistá kultura; miešanky s trávami; rast; vývoj; produkcia

ÚVOD

Laddenec rožkatý ako druhý doplnujúci druh ďatelínovnín sa uplatňuje prakticky vo všetkých výrobných oblastiach, k čomu prispieva jeho široká stanovištná amplitúda, skromnosť a veľká trvácnosť (Morháč, 1961; Kováč, Lichner, 1964; Tomka, Pristaš, 1964; Krajčovič a kol., 1968). Jeho hlavné uplatnenie by malo byť v dočasných a trvalých ďatelinotravných porastoch, kde sa mu pripisuje úloha poisťného druhu, ktorý zabezpečuje úrodu najmä vtedy, keď ostatné komponenty sklámu. Trvácnosť laddenca rožkatého je značná, v čistých porastoch 5 až 7 rokov, pri pestovaní v miešanke 10 až 15 rokov (Kolář, 1956).

Laddenec rožkatý dobre prezimuje, znáša veľmi dobre studené a drsné podmienky pod snehovou pokrývkou, pomerne dobre odoláva suchu, lebo svojou koreňovou sústavou prijíma z hlbších vrstiev nielen živiny, ale i vlahu. Preto menej trpí výkyvmi počasia, takže kompenzuje menšiu úrodu ostatných zložiek porastu. Vydrží i dlhšie obdobie sucha, i keď počas neho takmer neobrastá, ale po daždi rýchle regeneruje. Je viac zastúpený v prirodzených porastoch, na suchších stanovištiach a s pribúdajúcou vlhkosťou jeho podiel klesá (Regal, Štráfelda, 1959). Má veľké požiadavky na svetlo, preto sa z vysokých porastov pri väčších dávkach dusíka rýchlo stráca. Nedostatočne využíva dusík na vyšší rast stoniek, ktorých počet sa znižuje, čím sa

oslabuje konkurenčnú schopnosť (Krajčovič, Vološin, 1966). Po zbere rýchlo obrastá, poskytuje tri kosby, alebo dve kosby a pasenie. Pásenie znáša dobre, preto sa môže uplatniť i v dočasných pasienkových miešankách. Celková produkcia ľadenca rožkatého je o 30 až 40 % menšia než produkcia ďateliny lúčnej a lucerny siatej (Tomášik, 1990), len na horších pôdach sa im vyrovná (Richtárik, 1968; Halva, Lesák, 1975). V zelenom stave nenadáva a všetky druhy hospodárskych zvierat ho s chuťou prijímajú. Dobre sa uplatňuje v miešankách s kostravou trstovitou, reznáčkou laločnatou i v intenzívnych miešankách (Šmajstrla, 1988; Vološin, Šmajstrla, 1991).

MATERIÁL A METÓDA

Poľný pokus bol založený vo výrobní oblasti kukuričnej do krycej plodiny ovsu zberaného na zeleno, pri rieke Nitre. Nadmorská výška stanovišta je 143 m, pozemok je rovinný s hĺbkou ornice 30 cm. Dlhodobý ročný priemer zrážok sa pohyboval od 600 do 650 mm, počas vegetácie od 300 do 350 mm. Priemerná ročná teplota bola 8 až 9 °C, počas vegetácie 16 °C. Priemerné rozborové hodnoty: pH 7,4, humus 3,04, P₂O₅ 7,10 mg.g⁻¹ a N 79,7 mg.g⁻¹.

Výsev a zloženie miešaníc

1. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	29,48
2. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	10,06
3. reznáčka laločnatá (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	11,24
4. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	10,06
5. mätonoh trváci (<i>Lolium perenne</i> L.)	15,08
6. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	10,06
7. kostrava lúčna (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	15,84
8. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	6,72
9. kostrava lúčna (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	11,19
10. mätonoh trváci (<i>Lolium perenne</i> L.)	10,06
11. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	6,72
12. kostrava lúčna (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	11,19
13. reznáčka laločnatá (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	7,49
14. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	6,72
15. reznáčka laločnatá (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	7,49
16. mätonoh trváci (<i>Lolium perenne</i> L.)	10,06
17. ľadec rožkatý (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	5,01
18. kostrava lúčna (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,71
19. reznáčka laločnatá (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	5,59
20. mätonoh trváci (<i>Lolium perenne</i> L.)	7,35

Každá miešanica mala štyri opakovania (výmera parcely 10 m²) pri dvoch variantoch hnojenia: 1. nehnojená kontrola; 2. hnojenie 100 kg N, 60 kg P₂O₅, 80 kg K₂O v čistých živinách na 1 ha. Dávky N boli delené: 50 kg na jar a po 25 kg po prvej a druhej kosbe, P₂O₅ a K₂O jednorazovo na jar.

Zber zelenej hmoty sme robili v spásacej zrelosti štyrikrát do roka. Odber vzoriek pre biometrický rozbor sme robili v 14denných intervaloch z každého opakovania po tri trsy z jednotlivých komponentov s monolitom do hĺbky 25 cm. Po vyplavení v riečnej vode sme sledovali počet, hmotnosť a dĺžku odnoží a hmotnosť koreňovej hmoty. V priebehu vegetácie sme k jednotlivým odberom sledovali priemerné hodnoty zrážok a teplôt.

V ďalšej sérii pokusov VÚTPHP Banská Bystrica a VŠ Nitra sme založili pokusy s ľadencom rožkatým v roku 1991 s 20 druhmi a odrodami tráv v dvojkomponentných miešankách (tab. I), kde popri produkčnej schopnosti sa sleduje aj trvácnosť miešaníc v troch kosbách ročne (v sledovaní sa pokračuje).

Pokusné miesto Agrokomplexu Nitra (výstavisko) sa nachádza v klimatickej oblasti suchej, teplej, v nadmorskej výške 145 m. Dlhodobý priemer zrážok bol 580 mm, priemer zrážok za vegetačné obdobie 323 mm. Priemerná ročná teplota bola 9,7 °C, priemerná teplota za vegetačné obdobie 16,6 °C. Pokus bol založený vo výrobní oblasti kukuričnej, pôdny druh je ílovito-hlinitá pôda, pôdny typ degradovaná černoziem. Predplodinou bola pohánka siata.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Popri vplyve výživy je odnožovanie ovplyvňované aj zložením porastov, pričom vzájomné vzťahy medzi jednotlivými druhmi a počtom druhov nie sú ustálené (obr. 1, 2). V menšej miere vplyvajú na vzájomné vzťahy aj zmeny životných vlastností druhov, podmienené ročnými vegetačnými fenofázami vývoja, rastu, biologickým starnutím a kolísajúcim pomerom zastúpenia jednotlivých druhov v miešanke.

Druhy žijúce v rastlinnom spoločenstve sa chovajú ináč ako v čistej kultúre, čo spôsobuje, že ich rast a vývoj ovplyvňuje ostatné komponenty. Vplyv hnojenia na tvorbu odnoží sa prejavil výrazne u trávnych komponentov, kým u ľadenca rožkatého boli namerané vyššie hodnoty počtu býľ u porastov bez hnojenia už od 2. 8. a v jesennom období činili v priemere až o dve byle viac. Z priebehu tvorby býľ za roky sledovania v miešankách boli vyššie hodnoty na porastoch hnojených, v porovnaní s počtom býľ v čistej kultúre. Len u miešaníc ľadenca rožkatého s kostravou lúčnou a reznáčkou laločnatou v štvorkomponentnej miešanke boli vyššie hodnoty bez hnojenia (obr. 3).

Z výsledkov sledovania počtu býľ u ľadenca rožkatého, ale aj u ostatných druhov tráv vyplýva, že počet býľ mal stúpajúcu tendenciu počas celého vegetačného obdobia, na jednu rastlinu činil 4 až 12 u ľadenca rožkatého, 8 až 20 u kostravy lúčnej, 6 až 15 u reznáčky laločnatej, 7 až 18 u mätonohu trváceho. Počet býľ u ľadenca rožkatého v čistej kultúre dosiahol vyššie hodnoty ako v sledovaných miešankách, v niektorých prípadoch až o 100 % (miešanica 7 a 8).

V priebehu vegetácie stúpajú počet býľ v miešankách rýchlejšie ako v čistej kultúre a v štvrtej kosbe už dochádzalo k vyrovnaniu. Pri sledovaní počtu býľ na nehnojených variantoch mala tento u monokultúry aj u dvojkomponentných miešaníc stúpajúcu tendenciu.

Vplyv hnojenia by mal viac ovplyvniť dĺžku a hmotnosť býľ (obr. 4 až 7), ktorú vyjadrujeme podľa odberu v priebehu vegetácie i v priemere za sledované roky. Po vyklíčení v prvých fázach vývoja sa nadzemná hmotnosť vyvíjala pomaly, lebo v tomto čase ľadec rož-

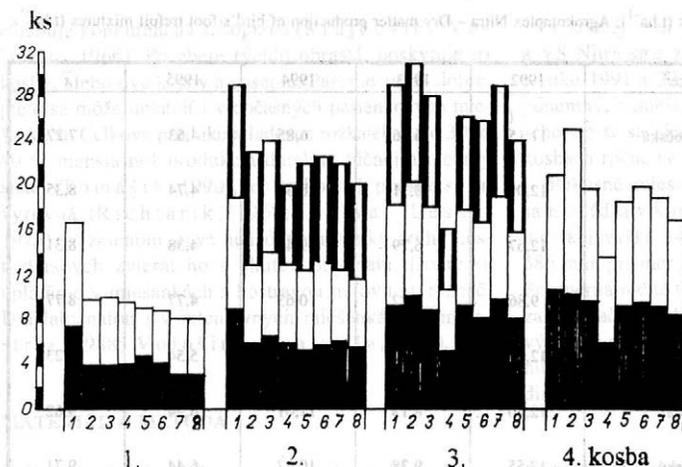
Variant ¹	Druhy a odrody v miešanke ²	1992	1993	1994	1995	\bar{x}
1	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Alopecurus pratensis</i> ; Levočská	11,15	6,56	6,85	4,53	7,27
2	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuca rubra</i> ; Levočská	12,09	8,21	8,35	4,74	8,35
3	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Poa pratensis</i> ; Slezanka	12,67	6,79	9,41	4,38	8,31
4	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Dactylis glomerata</i> ; Rela	9,86	9,82	10,63	4,77	8,77
5	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Dactylis glomerata</i> ; Niva	12,02	9,86	11,81	5,54	1,23
6	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuca pratensis</i> ; Levočská	12,40	8,13	11,01	6,94	9,62
7	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuca flavescens</i> ; Levočský	12,55	9,38	10,47	6,44	9,71
8	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Arrhenatherum elatius</i> ; Levočský	11,66	10,26	15,05	7,26	11,06
9	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Poa palustris</i> ; Rožnovská	12,84	7,97	11,94	7,85	10,15
10	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Lolium perenne</i> ; Tarpan	12,68	8,27	10,41	7,24	9,65
11	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Lolium perenne</i> ; Metropol	9,74	9,21	11,38	5,75	9,02
12	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Phleum pratense</i> ; Levočská	12,53	8,99	11,37	6,95	9,96
13	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Agrostis stolonifera</i> ; Levočský	13,55	7,81	11,83	7,26	10,11
14	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Bromus inermis</i> ; Lubro	14,25	6,79	10,78	5,85	9,42
15	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuca arundinacea</i> ; Lekora	12,39	9,23	12,44	5,88	9,99
16	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuco lolium</i> ; Felina	10,09	9,93	13,61	7,42	10,26
17	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuco lolium</i> ; Perun	9,09	8,74	10,15	7,01	8,75
18	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuco lolium</i> ; Lofa	7,46	7,87	8,50	6,82	7,66
19	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuco lolium</i> ; Hykor	12,04	9,46	14,11	8,71	11,08
20	<i>Lotus corniculatus</i>					
	<i>Festuco lolium</i> ; Paulita	11,66	8,04	9,05	7,01	8,94

¹variant, ²species and varieties in mixture

katý rýchlo a intenzívne zakorenil, intenzívnejšie na nehnovaných ako na hnojených porastoch (obr. 8). Na jar začínal rásť už pri teplote 5 až 6 °C a plnej výkonnosti dosiahol v prvom a druhom roku. Výsledky štúdia hmotnosti býľ ľadenca rožkatého na hnojených variantoch ukazujú na dosť veľké rozdiely medzi hmotnosťou býľ v čistej kultúre a v miešankách, kým bez hnojenia sa rozdiely v miešankách vyrovnávali.

Hmotnosť býľ ľadenca rožkatého v čistej kultúre bola počas celej vegetácie na hnojených i nehnovaných

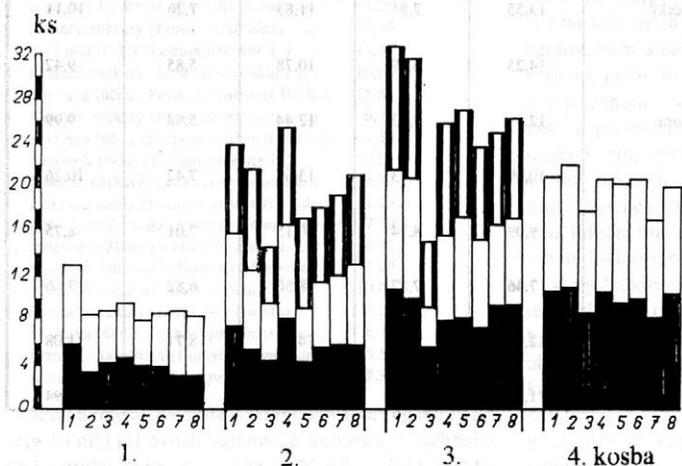
variantoch vyrovnaná, aj prírastky boli vyrovnané. Naopak v miešankách s trávami hmotnosť býľ ľadenca rožkatého, ako aj prírastky hmotnosti boli ku koncu vegetácie vyššie na nehnovaných variantoch. Môžeme to zdôvodniť tým, že na hnojených variantoch mali pre svoj rast lepšie podmienky (vytvorené hnojením dusíkom na začiatku vegetácie a po prvej a druhej kosbe) trávy ako ľadec rožkatý a svojím rýchlym vývojom potlačili ľadec rožkatý. V dĺžke rastlín boli rozdiely najmä u kostravy lúčnej od 20 do 70 mm, u reznáčky



1. Počet odnoží ľadenca roľkatého na hnojnom variante – The number of offshoots of bird's-foot trefoil in manured variants

Vysvetlivky k obr. 1 až 10 – Explanations to Figs 1 to 10:

1. ľadenec roľkatý – bird's-foot trefoil
 2. ľadenec roľkatý + mätonoh trváci – bird's-foot trefoil + ryegrass
 3. ľadenec roľkatý + mätonoh trváci + kostrava ľúčna – bird's-foot trefoil + ryegrass + meadow fescue
 4. ľadenec roľkatý + reznáčka ľaločnatá + kostrava ľúčna – bird's-foot trefoil + cock's foot + meadow fescue
 5. ľadenec roľkatý + reznáčka ľaločnatá – bird's-foot trefoil + cock's foot
 6. ľadenec roľkatý + kostrava ľúčna – bird's-foot trefoil + meadow fescue
 7. ľadenec roľkatý + reznáčka ľaločnatá + mätonoh trváci – bird's-foot trefoil + cock's foot + ryegrass
 8. ľadenec roľkatý + reznáčka ľaločnatá + mätonoh trváci + kostrava ľúčna – bird's-foot trefoil + cock's foot + ryegrass + meadow fescue
- 1. odber vzoriek – sampling 1
 □ 2. odber vzoriek – sampling 2
 ▒ 3. odber vzoriek – sampling 3



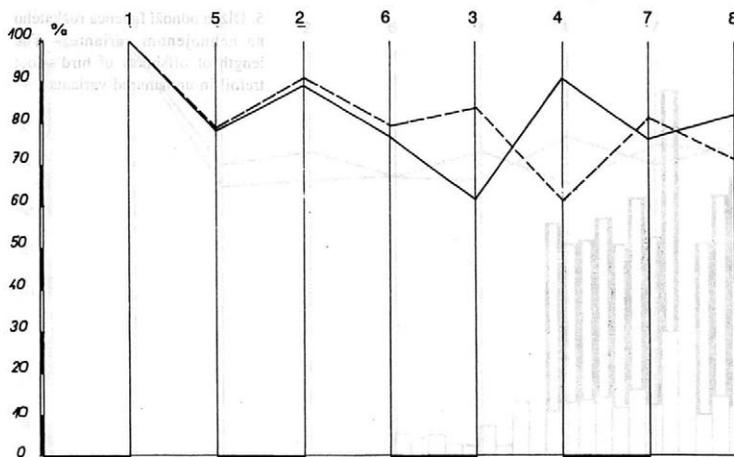
2. Počet odnoží ľadenca roľkatého na nehnojnom variante – The number of offshoots of bird's-foot trefoil in unmanured variants

ľaločnej od 20 do 50 mm a v hmotnosti u kostravy ľúčnej od 1 do 3 g, u reznáčky ľaločnej od 1 do 6 g v priemere na jednu rastlinu.

Rozdiely v dĺžke a hmotnosti byľ medzi hnojnenými a nehnojnenými variantami je možné prísúdiť i činnosti rhizobiálneho dusíka, na čo je potrebné ešte ďalšie štúdium, aby sme mohli ľadenec roľkatý viac využívať z ekologického hľadiska na pestovanie do ľatelinotravných porastov a podobne i na prísievy do prirodzených

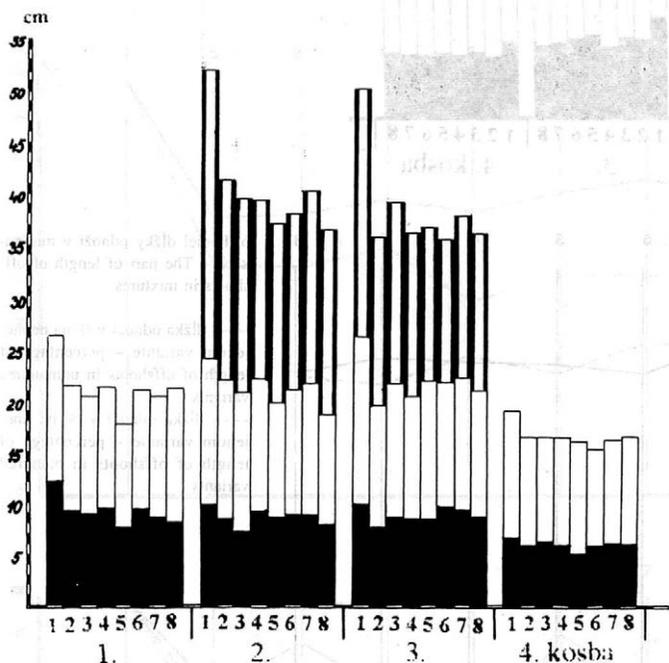
travných porastov pre suchšie oblasti (Krajčovič a kol., 1968).

Vzhľadom na to, že väčšina ľľachtiteľských staníc porovnáva výkonnosť a vývojový rytmus tráv a ľatelinovín v monokultúre, je potrebné ich overenie v miešankách a takto riešiť i proces ľľachtenia v nastávajúcom období. V pokusoch na Vigľaši (Riľtárík, 1968), kde sa skúšal správny pomer ľadenca roľkatého a tráv pre semenné účely, je možné hodnotiť pozitívne mie-



3. Podiel odnoží v miešankách – The part of offshoots in mixtures

— počet odnoží v % na nehnojnom variante – percentage of number of offshoots in unmanured variants
 ---- počet odnoží v % na hnojnom variante – percentage of number of offshoots in manured variants



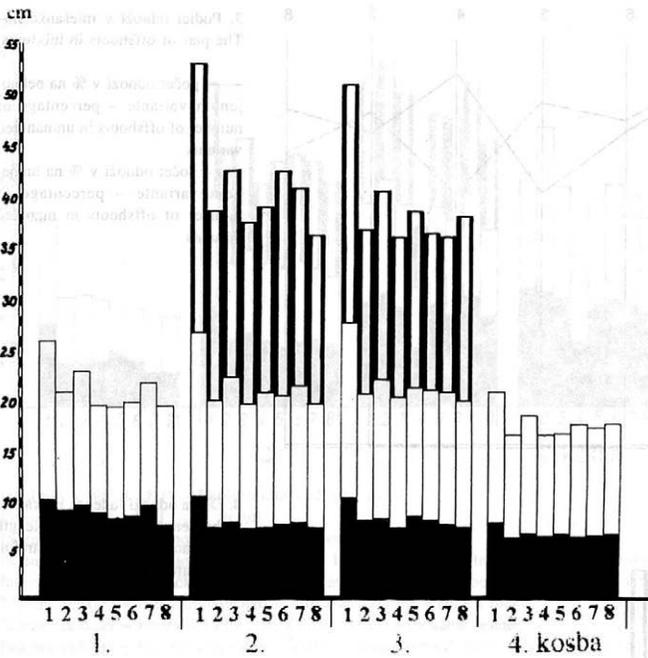
4. Dĺžka odnoží ľadenca rožkatého na hnojnom variante – The length of offshoots of bird's-foot trefoil in manured variant

šanky ľadenca rožkatého s kostravou lúčnou, ako aj s reznáčkou laločnatou. Menej produkčné boli miešanky s mätonohom trvácim, čo potvrdzujú i naše pozorovania z Nitry.

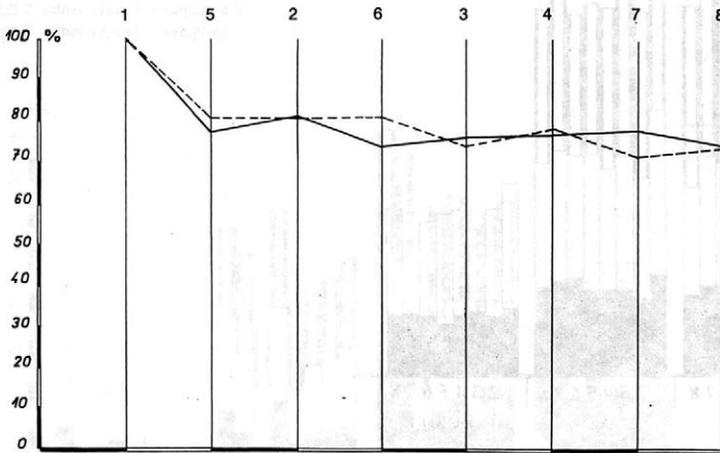
Hmotnosť koreňovej hmoty ľadenca rožkatého na hnojených variantoch bola ovplyvňovaná viac ako na variantoch nehnojených (obr. 9). V čistej kultúre dosahovala vyššie hodnoty ako v miešankách, kde narastanie bolo ovplyvnené zložením miešaniek, u nehnojených porastov boli však rozdiely minimálne. Z hmotnosti koreňovej hmoty na nehnojených variantoch je možné usúdiť, že trávy v dôsledku hnojenia dusíkom vytvorili veľké množstvo koreňovej hmoty a svojím bohatým zakorenením v jej vytváraní obmedzili ľadenec rožkatý.

Na nehnojených variantoch, kde trávy neboli podporované v raste koreňovej hmoty, ale i nadzemnej hmoty hnojením, nevytvorili silnejšiu koreňovú hmotu, ľadenec rožkatý zakorenil a vytvoril veľké množstvo hlúzkotvorných baktérií, čo potvrdzuje i Kolář (1956).

Z našich pozorovaní vidieť, že rast a vývoj ľadenca rožkatého nebol výrazne ovplyvňovaný počtom komponentov, ale viac samotným hnojením. Svoje opodstatnenie má teda ľadenec rožkatý pre pestovanie na dočasných pasienkových porastoch pre svoju dobrú odolnosť za sucha, prispôbitosť, nenáročnosť na hnojenie a pôdno-klimatické podmienky (Kolář, 1956; Morháč, 1961; Kováč, Lichner, 1964). Jeho prednosť v tomto smere sa prejavujú viac v suchších



5. Dĺžka odnoží ľadenca rožkatého na nehojenom variante – The length of offshoots of bird's-foot trefoil in unmanured variants



6. Podiel dĺžky odnoží v miešankách – The part of length of offshoots in mixtures

— dĺžka odnoží v % na nehojenom variante – percentage of length of offshoots in unmanured variants
 ---- dĺžka odnoží v % na hojenom variante – percentage of length of offshoots in manured variants

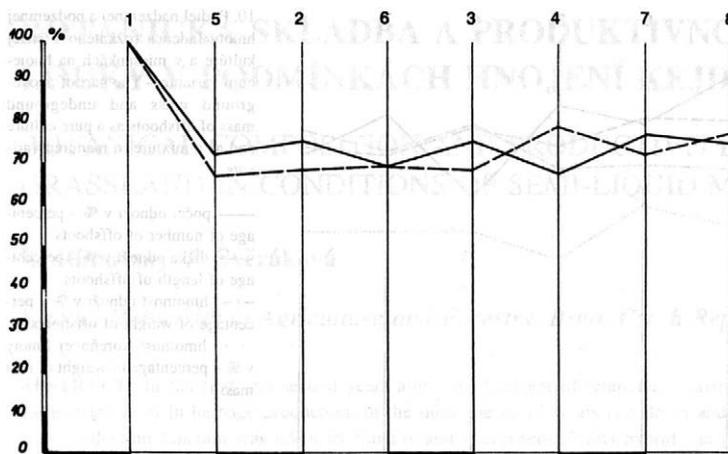
a extrémnejších podmienkach (Tomka, Pristaš, 1964; Krajčovič, Vološin, 1966; Richtárik, 1968). Podľa doterajších skúseností sa zdá, že v intenzívnejšie hnojených miešankách má už oveľa menší význam, Šmajstrla (1988) ho však odporúča v miešankách s kostravou trstovitou i reznáčkou laločnatou. Pre intenzívnejšie podmienky treba venovať pozornosť výberu odrôd a šľachteniu pre tento účel. Ľadec rožkatý v miešanke možno bez obáv spásat, lebo znáša zošľapovanie a dobre zmladzuje (Vološin, Šmajstrla, 1991).

Za roky 1992 až 1995 sme sledovali ľadec rožkatý v 20 kombináciách s vybranými druhmi a odrodami

bez dusíkatého hnojenia (tab. I). Menej produkčné sú miešanky s psiarkou lúčnou a medzirodovým hybridom Lofa. Získané štvorročné výsledky ukazujú možnosť využitia jednoduchých dvojkomponentných miešaniek s priemernou produkciou sušiny nad $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

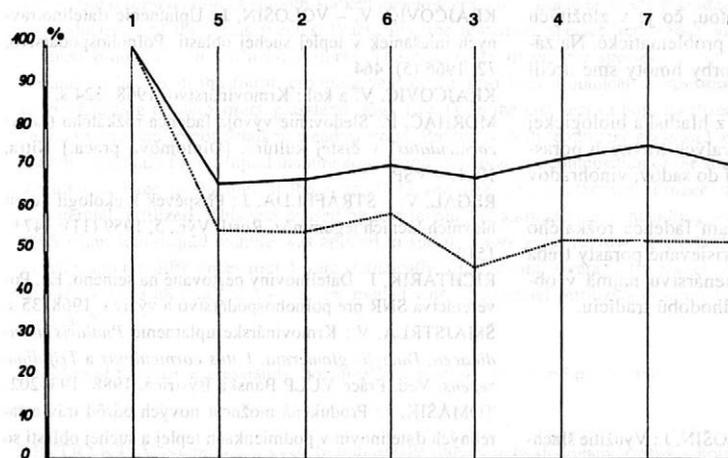
Vytvorením dočasných porastov na báze jednej trávy a ľadenca rožkatého sa dajú lepšie zladit nároky na stanovište aj na využívanie v optimálnom štádiu zrelosti.

Včasnosť je významná charakteristika, na základe poznania skorosti druhov a odrôd (Caputa et al., 1970) možno zostaviť miešanky pre postupné využívanie. Pestovať takéto miešanky možno aj z druhov s roz-



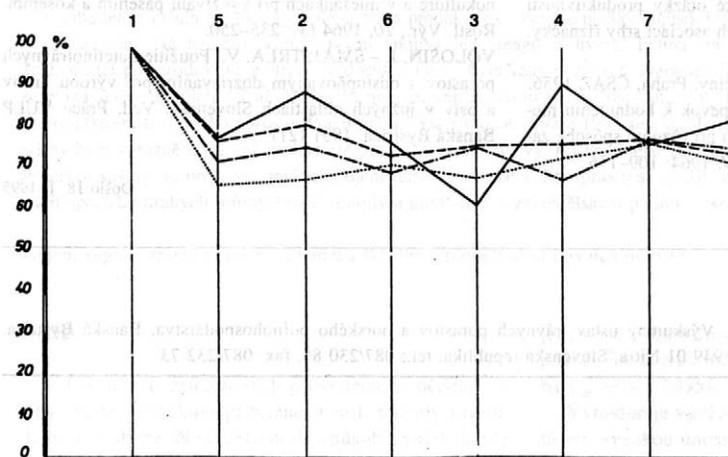
7. Podiel hmotnosti odnoží v miešankách – The part of weight of offshoots in mixtures

— hmotnosť odnoží v % na nehnojennom variante – percentage of weight of offshoots in unmanured variants
 ---- hmotnosť odnoží v % na hnojennom variante – percentage of weight of offshoots in manured variants



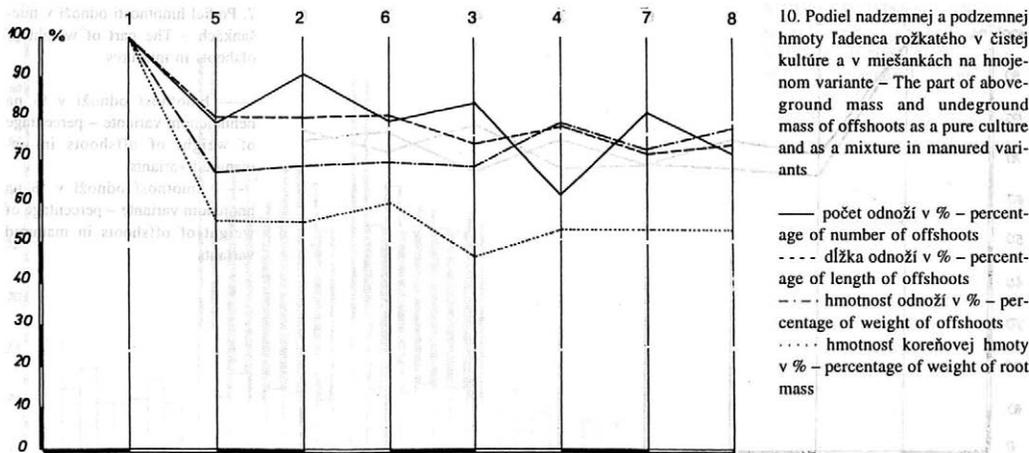
8. Podiel koreňovej hmoty v miešankách – The part of root mass in mixtures

— hmotnosť koreňovej hmoty v % na nehnojennom variante – percentage of weight of root mass in unmanured variants
 ---- hmotnosť koreňovej hmoty v % na hnojennom variante – percentage of weight of root mass in manured variants



9. Podiel nadzemnej a podzemnej hmoty ľadence rožkatého v čistej kultúre a v miešankách na nehnojennom variante – The part of above-ground mass and underground mass of offshoots as a pure culture and as a mixture in unmanured variants

— počet odnoží v % – percentage of number of offshoots
 ---- dĺžka odnoží v % – percentage of length of offshoots
 hmotnosť odnoží v % – percentage of weight of offshoots
 - · - · hmotnosť koreňovej hmoty v % – percentage of weight of root mass



dielnou konkurenčnou schopnosťou, čo je v zložitých viackomponentných miešankách problematické. Na základe dlhodobého sledovania tvorby hmoty sme určili postupné využívanie odrôd.

Ľadec rožkatý overujeme i z hľadiska biologickej ochrany pôdy, pre prísевy do trvalých trávnych porastov a na zatrávňovanie medziradi do sádov, vinohradov a plantáží drobného ovocia.

Vzhľadom na stúpajúci význam ľadenca rožkatého ako komponenta pre dočasné i prisievané porasty treba venovať zvýšenú pozornosť semenárstvu najmä v oblastiach, kde mala táto výroba dlhodobú tradíciu.

LITERATÚRA

- CAPUTA, J. – REVAZ, J. P. – VOLOŠIN, J.: Využitie šľachtených odrôd tráv pre zakladanie dočasných porastov. *Poľnohospodárstvo*, 16, 1970 (6).
- HALVA, E. – LESÁK, J.: Některé otázky produktivnosti monokultury a jednoduchých pícních asociací srhy říznačky. Brno, VŠZ 1975. 40 s.
- KOLÁŘ, J.: Štírovník obecný a bažiny. Praha, ČSAZ 1956.
- KOVÁČ, A. – LICHNER, S.: Príspevok k hodnoteniu niektorých populácií ľadenca rožkatého pri rôznom spôsobe založenia. In: Zbor. PEF VŠP Nitra, 9, 1964: 109–116.

KRAJČOVIČ, V. – VOLOŠIN, J.: Uplatnenie datelinotravných miešaniiek v teplej suchej oblasti. *Poľnohospodárstvo*, 12, 1966 (5): 464.

KRAJČOVIČ, V. a kol.: Krmovinarstvo. 1968. 324 s.

MORHÁČ, P.: Sledovanie vývoja ľadenca rožkatého (*Lotus corniculatus*) v čistej kultúre. [Diplomová práca.] Nitra, 1961. – VŠP.

REGAL, V. – ŠTRÁFELDA, J.: Příklad k ekologii deseti hlavních lučních leguminóz. *Rostl. Výr.*, 5, 1959 (11): 1473–1510.

RICHTÁRIK, J.: Ľadecoviny pestované na semeno. Ed. Povereníctva SNR pre poľnohospodárstvo a výživu, 1968. 35 s.

ŠMAJSTRLA, V.: Krmovinarске uplatnenie *Phalaris arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* a *Trifolium repens*. Ved. Práce VÚLP Banská Bystrica, 1988: 193–202.

TOMÁŠIK, J.: Produkčná možnosť nových odrôd tráv a farebných datelinovín v podmienkach teplej a suchej oblasti so závlahou. [Záverčná správa.] 1990. 102 s.

TOMKA, O. – PRISTAŠ, J.: Vývin ľadenca rožkatého v monokultúre a v miešankách pri využívaní pasiením a kosením. *Rostl. Výr.*, 10, 1964 (3): 235–250.

VOLOŠIN, J. – ŠMAJSTRLA, V.: Použitie datelinotravných porastov s odstupňovaným dozrievaním pre výrobu krmív a osív v južných oblastiach Slovenska. Ved. Práce VÚLP Banská Bystrica, 1991 (21).

Došlo 18. 1. 1995

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Jozef Vološin, CSc., Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva, Banská Bystrica, Výskumná stanica, Štefánikova 88, 949 01 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/230 85, fax: 087/232 73

BOTANICKÁ SKLADBA A PRODUKTIVNOST DOČASNÉ LOUKY V PODMÍNKÁCH HNOJENÍ KEJDOU

BOTANICAL COMPOSITION AND PRODUCTIVITY OF TEMPORARY GRASSLAND IN CONDITIONS OF SEMI-LIQUID MANURING

K. Římovský, J. Svěráková

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: In the first and second years after establishment of temporary grassland red clover, timothy and ryegrass participated most in herbage production. In the third and fourth years red clover and ryegrass receded from the stand and their production function was taken by timothy and intergeneric Felina hybrid and partially also smooth-stalked meadow grass. Felina hybrid responded the best to mineral fertilization, while timothy was the best to semi-liquid manuring. This grass species in last two years of utilization of temporary grassland exhibited highest proportion to herbage production (68 to 72%). The representation of smooth-stalked meadow grass in herbage production gradually raised in harmony with the growth of productivity of this grass species. Practically, the remaining species, red fescue and white clover, did not participate in biomass production in fertilized variants. The occurrence of diverse species was to a lesser degree recorded in fertilized variants as late as in the fourth cropping year of the grassland. Botanical composition of the stand simplified during four years of lasting the temporary grassland (Figs 1 to 3). In the last year in both fertilized variants only grass species timothy, Felina hybrid and smooth-stalked meadow grass. Productivity of temporary grassland was affected by variants of fertilization variants, method of semi-liquid manure application and botanical composition of the stand. Cattle semi-liquid manure reduced the total herbage production in the years 1992 and 1993 at the identical nitrogen rate ($200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) compared with the commercial fertilizers. This was caused by less favourable autumn date of manuring on grassland sod. In the years 1994 and 1995 when semi-liquid manure was applied in spring before grass regrowths, the herbage production was balanced in both variants and the differences found were statistically insignificant. Average dry matter production for the years 1994 and 1995 amounted to $11.68 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in the variant treated with commercial fertilizers (variant 1) and $11.00 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ in manured variant (variant 2).

semi-liquid manuring; grasslands; botanical composition; grassland productivity

ABSTRAKT: V podmínkách vyšší bramborařské oblasti byly sledovány změny v botanické skladbě porostu dočasné louky a její produktivnosti při dvou variantách hnojení (varianta 1 – hnojení průmyslovými hnojivými, varianta 2 – hnojení kejdou skotu, při hladině výživy $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). V průběhu čtyř let trvání louky došlo ke zjednodušení botanické skladby porostu. Po ústupu jetele lučního a jílky vytrvalého se na produkci píče nejvíce podílel bojíněk luční, travní hybrid Felina a na variantě 1 i lipnice luční. Na hnojení průmyslovými hnojivými lépe reagoval hybrid Felina, na hnojení kejdou skotu bojíněk luční. Rozhodující pro produktivnost třísečné dočasné louky byla vždy první seč, která se v letech 1992 až 1995 na celkové roční produkci sušiny podílela 57 až 73 %. Při hnojení kejdou skotu byl zjištěn statisticky průkazný vliv termínu aplikace kejdy na produktivnost travního porostu. Podzimní aplikace v roce 1992 a 1993 se ukázala jako méně vhodná, dosažená produkce sušiny byla výrazně nižší než po hnojení průmyslovými hnojivými. Při vhodnější jarní aplikaci kejdy v roce 1994 a 1995 byla produkce sušiny na obou variantách hnojení téměř vyrovnaná. Při správném využití kejdy ke hnojení travního porostu lze snížit spotřebu drahých průmyslových hnojiv a dosáhnout v zemědělském podniku ekonomicky významných úspor.

hnojení kejdou; travní porosty; botanická skladba; produktivnost travních porostů

ÚVOD

V ČR se v bezstelivových provozech živočišné výroby ročně produkuje přibližně 9 mil. t kejdy prasat, skotu a drůbeže. Neefektivnější způsob využití kejdy představuje přímé hnojení plodin kejdou, při kterém kejdou hodnotíme jako komplexní organominerální hnojivo, hnojivým účinkem srovnatelné s chlévským hno-

jem nebo průmyslovými hnojivými. Potvrzují to dřívější práce (Škarda, 1982; Římovský, 1989; Neuberger et al., 1995).

Výhodné je využití kejdy ke hnojení travních porostů pro vysokou únosnost travního drnu při použití těžší aplikační techniky a pro možnost hnojení travních porostů v rovinných terénech i v období vegetačního klidu. Další předností je poměr v kejdě obsaženého N, P

a K, který odpovídá požadavkům na výživu u travních porostů. Travní porosty představují složité fytoocenózy (Velič, 1986), které svou skladbou, produkcí a kvalitou píče velmi citlivě reagují na hnojení (dávky a formy živin, termíny hnojení).

MATERIÁL A METODA

Pokusná plocha dočasné louky se nachází v areálu Výzkumné stanice Ústavu pícninářství MZLU v Brně ve Vatině v okrese Žďár nad Sázavou.

Půda pokusného pozemku je zrnitostně jílovitohlinitá, těžší. Půdotvorný substrát představují nevápenité nivní uloženy. Výsledkem pedogenetického procesu je půdní typ – typický kyselý glej. Hladina spodní vody je v hloubce 0,72 m.

Klimaticky odpovídá místo pokusu bramborářskému výrobnímu typu. Průměr ročních teplot je 6,06 °C, dlouhodobý roční úhrn srážek činí 736 mm. Pokusné místo se nachází v nadmořské výšce 550 m. Sledované období pokusu (1992 až 1995) ve srovnání s dlouhodobým průměrem bylo srážkově podnormální a teplotně nadnormální.

Botanická skladba porostu a produkce dočasné louky v čerstvé hmotě a sušiny byla sledována v letech 1992 až 1995 včetně. Pokus byl založen v roce 1991, při třech pokusných variantách, ve čtyřech opakováních. Plocha pokusné parcely činila 45 m².

Pokusné varianty:

0 – kontrola bez hnojení;

1 – hnojení N, P a K průmyslovými hnojivy;

2 – hnojení kejdou skotu.

Hladina živin na hnojených variantách 1 a 2 byla stejná, roční dávka činila 200 kg N.ha⁻¹. Sklizeň dočasné louky byla každoročně uskutečněna ve třech sečích.

V letech 1992 až 1995 byla ke hnojení dočasné louky použita tato hnojiva:

- keжда skotu různé kvality s obsahem 4,10 až 10,38 % sušiny, 0,25 až 0,42 % N, 0,09 až 0,18 % P a 0,17 až 0,43 % K₂O;
- průmyslová hnojiva: dusičnan amonný (granulovaný) 34 % N, superfosfát granulovaný 19 % P₂O₅, draselná sůl (krystalická) 60 % K₂O.

Jetelotravní směs k založení dočasné louky (celkový výsev představoval 33 kg.ha⁻¹):

Jetel luční (Kvarta)	8 kg
Mezirodový hybrid (Felina)	8 kg
Jílek vytrvalý (Tarpan)	4 kg
Bojíněk luční (Větrovský)	6 kg
Lipnice luční (Rožnovská)	3 kg
Kostřava červená (Táborská)	2 kg
Jetel plazivý (Důbrava)	2 kg

Porost byl založen bez krycí plodiny letním výsevem v termínu setí 12. 8. 1991.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Zjištěné změny v botanické skladbě (obr. 1 až 3) založeného porostu dočasné louky v průběhu čtyř let (tab. I) potvrdily některé platné poznatky. Po ústupu méně vytrvalých pícních druhů jetele lučního a jílků vytrvalého v prvních dvou letech se ve třetím a čtvrtém roce po založení dočasné travní louky uplatnily druhy vytrvalejší, dosahující plné produkce až v této době. Patřily k nim mezirodový travní hybrid Felina a lipnice luční. Bojíněk luční prokázal schopnost poskytovat vysokou produkci píče v průběhu celého čtyřletého období, pro což ho lze doporučit při zakládání dočasných

I. Zastoupení komponentů v porostu dočasné louky v době druhé seče (v hmotn. % suché biomasy na vzduchu) – Representation of components in the stand of temporary grassland during the second cut (in weight % of dry biomass in air)

Komponent ¹	1992			1993			1994			1995		
	var. 0	var. 1	var. 2	var. 0	var. 1	var. 2	var. 0	var. 1	var. 2	var. 0	var. 1	var. 2
Bojíněk luční ²	38	24	25	31	41	26	45	34	68	38	49	72
Jílek vytrvalý ³	22	19	15	5	5	2	1	1	1	2	0	0
Lipnice luční ⁴	1	1	2	2	7	2	2	13	2	2	14	5
Felina ⁵	10	6	6	10	22	4	9	41	16	3	33	20
Kostřava červená ⁶	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Jetel luční ⁷	26	48	50	48	24	64	28	9	10	0	0	0
Jetel plazivý ⁸	2	0	1	1	0	0	3	1	1	18	0	0
Ostatní diverzní druhy ⁹	0	1	0	2	0	2	12	1	2	37	4	3
Celkem ¹⁰ (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

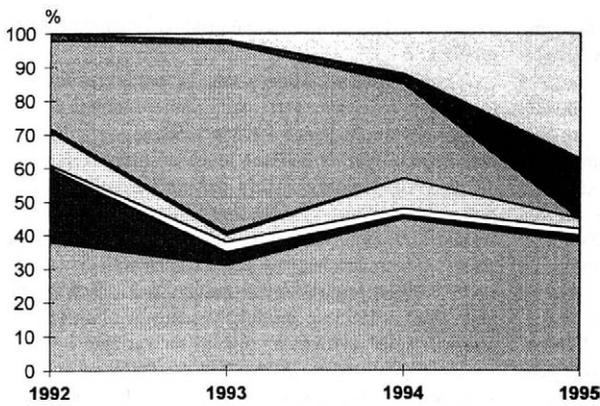
Vysvětlivky k tab. I a II – Explanations to Tabs I and II:

var. 0 – kontrola bez hnojení – control without fertilization

var. 1 – hnojení průmyslovými hnojivy NPK – fertilization with commercial fertilizers NPK

var. 2 – hnojení kejdou skotu – cattle semi-liquid manuring

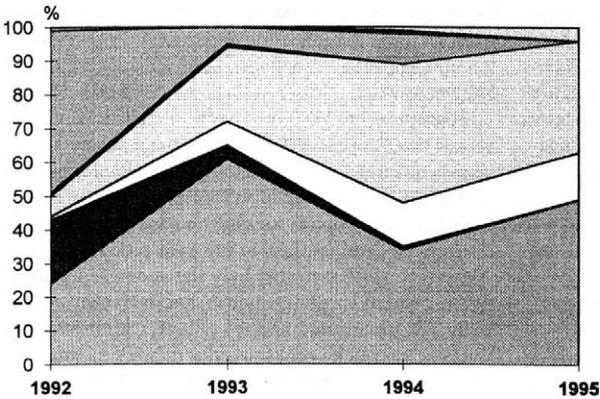
¹ component, ² timothy, ³ ryegrass, ⁴ smooth-stalked meadow grass, ⁵ Felina hybrid, ⁶ red fescue, ⁷ red clover, ⁸ white clover, ⁹ remaining diverse species, ¹⁰ total



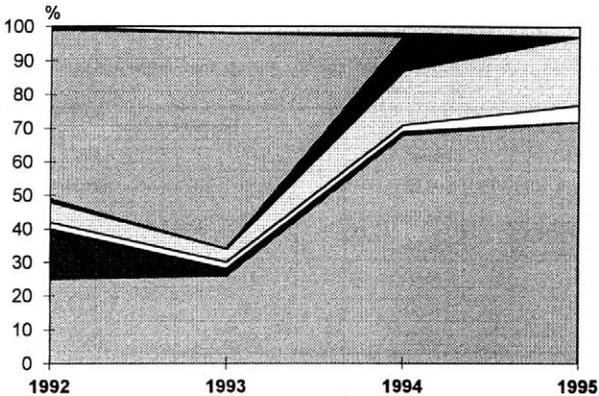
1. Botanická skladba porostu dočasné louky (kontrola) – Botanical composition of the temporary grassland (control)

Vysvětlivky k obr. 1 až 3 – Explanations to Figs 1 to 3:

- ▨ bojínek luční – timothy
- jílek vytrvalý – ryegrass
- lipnice luční – smooth-stalked meadow grass
- Felina – Felina hybrid
- kostřava červená – red fescue
- ▨ jetel luční – red clover
- jetel plazivý – white clover
- ostatní diverzní druhy – remaining diverse species



2. Botanická skladba porostu dočasné louky (průmyslová hnojiva NPK) – Botanical composition of the temporary grassland (commercial fertilizers NPK)



3. Botanická skladba porostu dočasné louky (keřda skotu) – Botanical composition of the temporary grassland (cattle semi-liquid manure)

luk s vyšší úrovní hnojení ($200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Obdobné poznatky uvádí Lesák (1986).

Malé uplatnění kostřavy červené a jetele plazivého na hnojených variantách dočasné louky lze v prvním případě zdůvodnit vyšší úrovní hnojení dusíkem, kdy kostřava červená vlivem konkurence vzrůstných trav z travního porostu ustupuje. Ke shodným závěrům do-

spěl Vítek (1974). Stejně tak nízké uplatnění jetele plazivého lze zdůvodnit tím, že v dobře zapojeném porostu vzrůstných trav byl jetel plazivý při svém nižším vzrůstu silně zastíněn, což tato světlomilná jetelovina nesnáší. Výsledkem byl stav, kdy na hnojených variantách ve čtvrtém roce existence dočasné louky jetel plazivý z porostu vymizel. Uváděné souvislosti potvrzuje

i skladba porostu na variantě 0 (bez hnojení), s nízkým výnosem luční biomasy, a tím i příznivějšími světelnými podmínkami, při kterých jetel plazivý vykázal v porostu dočasně louky v roce 1995 hmotnostní zastoupení 18 %. Z uvedených důvodů považujeme využití kostřavy červené a jetele plazivého v intenzivně hnojených a vysoce produktivních porostech dočasně louky za problematické. Potvrzují to i údaje některých autorů (Lichner et al., 1983; Petřík a kol., 1987), kteří se požadavky těchto pícních druhů na stanovištní podmínky zabývali.

Zvláštní postavení ve skladbě porostu dočasně louky zaujímají luční byliny, tzv. rostliny diverzní. Během čtyřleté existence dočasně louky nebyl na hnojených variantách zaznamenán jejich významný výskyt, hmotnostní zastoupení v porostu činilo pouze 3 a 4 %. Potvrdil se tak poznatek, že hlavním preventivním prostředkem proti zaplevelení travních porostů je kromě opakovaně sklizené dobře zapojený porost s vysokou produkcí píce. Potvrzuje to i narůstající výskyt lučních bylin na kontrolní variantě s nízkou produkcí píce, kde jejich hmotnostní podíl ve čtvrtém roce trvání dočasně louky činil 37 %. Tato zjištění jsou v souladu s údaji z literatury (Královec, 1996). Citovaný autor za nejdůležitější podmínku pro založení druhově pestrých luk s vysokým podílem lučních bylin považuje snížení intenzity jejich obhospodařování, zejména úrovně dusíkatého hnojení.

Čtyřletá dočasná louka byla každoročně sklizena ve třech sečích. V letech 1992 až 1995 se na celkové produkci sušiny luční biomasy svými 57 až 73 % nejvíce podílela první seč. Výnosová jistota a vysoká produkce první seče je dána zejména dostatkem vláhy v jarním období. Zbytek celoroční produkce píce poskytla druhá

a třetí seč, která se na celkové produkci sušiny podílela minimálně.

Jak dokumentují údaje v tab. II, produkce dočasně louky byla ovlivněna variantami hnojení, dobou hnojení a ročníkem. V letech 1992 a 1993 na variantě hnojené kejdou byla na dočasně louce dosažena nižší produkce čerstvé píce a sušiny než na variantě hnojené průmyslovými hnojivy. U sušiny činilo v roce 1992 toto snížení 23,08 %. V následujícím roce 1993 byla produkce sušiny na variantě hnojené kejdou opět nižší oproti variantě hnojené průmyslovými hnojivy o 31,50 %. V letech 1994 a 1995 se produkce sušiny u obou variant hnojení téměř vyrovnala, snížení na variantě hnojené kejdou dosáhlo pouze 3,28 a 7,86 %. Příčinou byla časová změna aplikace kejdy na travní drn dočasně louky. Zatímco v letech 1992 a 1993 bylo kejdou hnojeno pozdě na podzim, v letech 1994 a 1995 se hnojení kejdou uskutečnilo na jaře, bezprostředně před obrůstáním travního drnu, což umožnilo efektivnější využití dusíku travním porostem. Vhodnost jarní aplikace kejdy při hnojení travních porostů prokazuje i Škarda (1982).

Platnost těchto závěrů potvrdilo i statistické vyhodnocení dosažených výsledků v produkci sušiny sklizené píce dočasně louky. Zatímco při podzimním hnojení kejdou došlo k statisticky vysoce průkaznému snížení produkce sušiny oproti variantě hnojené průmyslovými hnojivy, po jarní aplikaci kejdy byla produkce sušiny vyrovnaná, zjištěné rozdíly byly statisticky neprůkazné. Byl tak potvrzen při správném hnojivářském využití kejdy její srovnatelný hnojivý účinek s průmyslovými hnojivy. Statisticky průkazný vliv ročníku na produkci dočasně louky souvisí se značnou závislostí travního porostu na rozdílném průběhu povětrnostních podmínek v letech 1992 až 1995.

II. Průměrná produkce čerstvé hmoty a sušiny píce dočasně louky podle pokusných variant ($t \cdot ha^{-1}$) – Average fresh matter and herbage dry matter production of temporary grassland according to the experimental variants ($t \cdot ha^{-1}$)

Rok ¹	Pokusná varianta ²	Produkce čerstvé hmoty ³		Produkce sušiny ⁴	
		$t \cdot ha^{-1}$	index ⁵	$t \cdot ha^{-1}$	index
1992	0	47,18	100,00	9,09	100,00
	1	65,17	138,16	12,39	136,30
	2	49,98	105,93	9,53	104,84
1993	0	33,78	100,00	7,51	100,00
	1	64,34	190,47	13,08	174,17
	2	55,58	164,54	8,96	119,31
1994	0	29,43	100,00	6,86	100,00
	1	42,72	145,16	10,38	151,31
	2	48,94	166,29	10,04	146,36
1995	0	37,68	100,00	7,63	100,00
	1	54,52	144,69	12,98	170,12
	2	53,73	142,60	11,96	156,75

¹year, ²experimental variant, ³fresh matter production, ⁴dry matter production, ⁵index

LITERATURA

KRÁLOVEC, J.: Travní porosty nejenom na píci. *Úroda*, 44, 1996 (1): 25–26.

LESÁK, J.: Pícninášství. [Učební texty.] Brno, VŠZ 1986. 187 s.

LICHNER, S. – KLESNIL, A. – HALVA, E.: Krmovinářstvo. Bratislava, Príroda 1983. 550 s.

NEUBERG, J. – JEDLIČKA, J. – ČERVENÁ, H.: Výživa a hnojení plodin. *Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe*, 1995 (8): 64.

PETŘÍK, M. a kol.: Intenzivní pícninášství. Praha, SZN 1987. 473 s.

ŘÍMOVSKÝ, K.: Využití kejdy k přímému hnojení a její působení na půdu a rostliny. [Doktorská dizertace]. Brno, 1989. 287 s. – VŠZ.

ŠKARDA, M.: Hospodaření organickými hnojivy. Praha, SZN 1982. 324 s.

VELICH, J.: Studium vývoje produkční schopnosti trvalých lučních porostů a drmového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha, VŠP 1986. 162 s.

VÍTEK, L.: Produkční vlastnosti vybraných trav a jetelovin v pastevním porostu bramborářské výrobní oblasti. [Závěrečná zpráva.] Brno, VŠZ 1974. 28 s.

Došlo 20. 11. 1996

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Karel Římovský, DrSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 33 01, fax: 05/45 13 30 75

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

Z důvodu rychlejšího a kvalitnějšího zpracování grafických příloh (grafů, schémat apod.) příspěvků zasílaných do redakce Vás žádáme o jejich dodání kromě tištěné formy i na disketách.

Týká se to samozřejmě těch grafických příloh, které byly vytvořeny v nějakém programu PC (např. CorelCHART, Quatro Pro, Lotus 1-2-3, MS Excel). Vzhledem k tomu, že nejsme schopni upravit a použít pro tisk všechny typy (formáty) grafických souborů, žádáme Vás, abyste nám také kromě originálních souborů (např. z MS Excel typ *.XLS) zasílali grafické předlohy vyexportované jako bodovou grafiku v jednom z těchto formátů:

Bitmap	*.BMP
Encapsulated Postscript	*.EPS
Graphic Interchange Format	*.GIF
Mac paint	*.MAC
MS Paint	*.MSP
Adobe Photoshop	*.PSD
Scitex	*.SCT
Targa	*.TGA
Tag Image File Format	*.TIF (tento formát je nejkvalitnější)

Redakce časopisu

VARIABILITA NUTRIČNÍCH CHARAKTERISTIK LISTŮ TRAV V ZÁVISLOSTI NA JEJICH POSTAVENÍ NA STĚBLE

VARIABILITY OF NUTRITIVE CHARACTERISTICS OF LEAVES OF GRASSES IN DEPENDENCE ON THEIR POSITION ON STEM

V. Míka, A. Kohoutek

Institute of Agricultural and Food Information, Praha, Research Station of Grassland Ecosystems, Jevíčko, Czech Republic

ABSTRACT: In grass leaves originating from natural environment changes in anatomy, chemical composition and nutritive value take place as depended on the growth and development. Leaves standing higher on the stem in terms of their evolution (ontogenetically) are older, however younger by their growth than those being below them. Their development is slower, they stay green longer (photosynthetically active) and their senescence is later as well. In the first trial and in the first cut 16 species and grass varieties were evaluated, of it two rhizomatous (in Italian ryegrass in the first and separately also in the second cut), at one site and in two years. With reference to certain calendar date, in terms of their growth younger leaves had higher nutritive value regarding lesser range of lignification of tissues. Generally, growth stage seems to be a factor more significantly affecting nutritive value of herbage than developing stages. For the needs of diagnostics the principle of leaf sampling of certain insertion is to be kept. It is better to specify an order of leaves by their position on stem below flag leaf. With respect to the shift in chemical composition and nutritive value of leaves of the same insertion on the main versus secondary stem, or on the stem of lower order, resp., in practice it is necessary to take sufficiently great mean sample of leaves of the given level of insertion. It follows from the fact that it is not possible to distinguish safely which stem is main and which is of lower order. In the second series of trials Italian ryegrass was cultivated in a glasshouse and gradually leaves of certain insertion (Tab. II) were taken from it to keep almost the same growth stage. Comparing their nutritive value, leaves of lower insertion showed higher content of dry matter, fibre (NDF, ADF, ADL), sometimes also WSC and lower OMD, as well as the content of crude protein. As to the growth, they were almost of the same age, however, they developed longer in conditions of predominantly short day, under higher temperatures, lower relative air moisture and under intensive solar radiation, so under conditions accelerating lignification. Leaves on secondary stem correspond by their chemical composition to leaves on the main stem by two to three positions younger (higher level of insertion), as they developed later. This fact is to be considered in modelling of grass growth. From the breeding point of view it is an important relationship: with length of leaf mostly its width enlarges along with fibre content and crude protein content comprised in it is reduced.

grasses; leaves; nutritive value; defoliation; tillering; leaf diagnostics

ABSTRAKT: Listy postavené na stěble výše jsou ontogeneticky (vývojově) starší, růstově však mladší než ty, které stojí pod nimi. Posuzováno k určitému kalendářnímu datu, růstově mladší listy mají vyšší nutriční hodnotu vzhledem k menšímu rozsahu lignifikace pletiv. Růstová fáze se obecně jeví jako faktor ovlivňující výživnou hodnotu píce významněji než vývojová stadia. Pro potřeby diagnostiky je proto třeba dodržovat zásadu odběru listů určité inzerce. Pokud se však srovnává nutriční hodnota listů odebíraných postupně podle toho, jak se vyvíjely (tj. odběry přibližně ve stejné růstové fázi), listy vyšší úrovně inzerce měly horší nutriční hodnotu. Růstově byly přibližně stejného stáří, vyvíjely se však delší dobu v podmínkách převážně krátkého dne, za vyšších teplot, nižší relativní vzdušné vlhkosti a za intenzivního slunečního záření, tedy podmínek urychlujících lignifikaci. Listy na vedlejších stěble odpovídají svým chemickým složením listům na hlavním stěble o dvě až tři pozice mladším (vyšší úroveň inzerce), neboť se vyvinuly později. Z šlechtitelského hlediska je závažný vztah: S délkou listu se většinou zvětšuje také jeho šířka i obsah vlákniny a snižuje se v něm obsah dusíkatých látek.

trávy; listy; výživná hodnota; defoliace; odnožování; listová diagnostika

ÚVOD

Na stéblech trav mírného pásma se obvykle nacházejí tři až čtyři funkční listy. Jakmile se čepel a pochva plně rozvinou, list přestává růst a další, nad ním stojící,

se začíná prodlužovat (vlajkový list). Spodní list postupně ztrácí svoji fotosyntetickou funkci, zasychá a mění se nakonec v detrit.

S tvorbou listů na hlavním stěble souvisí i odnožování. U jílku mnohokvětého se nezačne tvořit postranní

výhon dřívě, dokud se na hlavním stéble nevytvorily tři až čtyři plně vyvinuté listy, u bojínku až pět listů. Tvorba listů má svůj řád a je urychlována růstovými podmínkami (zejména teplotou) až do dosažení jejich optima. Podobně i postup odnožování. Na intenzitě odnožování závisí hustota porostu i produkční schopnost. Limitujícími faktory pro intenzitu odnožování je dostatek živin, zejména dusíku, dostatek vláhy a frekvence využití porostu. Během počátečního růstu semenáčku vzrůstá počet listů a odnoží geometrickou řadou, a to dokud se nezačne projevovat konkurence o světlo, vodu či živiny. Hierarchické uspořádání trsu trav bylo znázorněno dřívě (Míka, 1982, 1985). Jakmile se vytvoří zapojený travní porost, počet odnoží a počet listů na odnoži zůstává dosti stálý, jen velikost listů se více mění.

Postup tvorby listů a odnoží v průběhu ontogeneze je řízen geneticky a ovlivňován vnějšími vlivy. Mění se tedy kvantitativní zastoupení jednotlivých částí v nadzemní biomase rostliny a jejich parciální chemické složení. Obojí se promítá do nutriční kvality píce jako celku. S úrovní inzerce listů, tj. s jejich postavením na stéble, se mění též vodní poměry v pletivech. Proto úroveň inzerce listů by měla být respektována při vypracovávání návrhu technik vzorkování, a též při modelování růstu trav.

Sezonní variabilita ukazatelů výživné hodnoty čepele je relativně malá v porovnání s listovými pochvami a zvláště stébly, která stárnou rychleji (Míka, Paul, 1985). V počátečních fázích jarního růstu (před nástupem dlouhivého růstu) může být stéblo stravitelnější a mít vyšší výživnou hodnotu než čepele, neboť je obklopeno listovými pochvami se silnou kutikulou, chránící růstový vrchol s listovými primordií na bázi stébela před účinky atmosféry. Stéblo samo v této době je chráněno podstatně slabší kutikulou, a tedy její negativní účinky (tvoří fyzikální bariéru pro trávicí enzymy) na stravitelnost pod ní ležících pletiv jsou slabší ve srovnání s listovými pochvami a čepelemi. Vývoj kutikuly probíhá velice rychle. Během pěti dní se na vnější (abaxiální) straně listové pochvy vytvoří silná kutikula, přičemž tento efekt u vrchních listů je zvláště rychlý.

Ačkoliv počáteční růst semenáček téměř všech druhů trav je stejný, charakter růstu dospělých rostlin různých druhů se liší zvláště podle rozsahu prodloužení internodií a směru růstu stébel. Listy nejvyšší úrovně inzerce nesou více znaků xeromorfní stavby, tj. mají vyšší počet svazků cévních, více stomat na jednotku plochy, silnější kutikulu a epidermis a menší rozměry buněk (Tetter, Míka, 1987). Rostou pomaleji, zůstávají déle zelené a senescence se u nich projevuje pozvolněji než u listů dolních (Wilson, 1976a). Rozdíly v anatomických charakteristikách vyplývají zřejmě z toho, že spodní listy soutěží o vodu vystupující stéblem, a proto horní listy trpí vodním deficitem.

Odnožování většiny vytrvalých trav probíhá rychle a do začátku kvetení je prodloužování postranních stébel pomalé. Během vegetativního růstu proto růstové

vrcholy a bazální meristémy listů zůstávají pod úrovní defoliace a tvorba nových listů může nerušeně pokračovat dokonce i při intenzivní pastvě. Jakmile se vyvine dostatečně hustý porost a je-li vlhko, nízké trávy (zvláště trsnaté) jsou na nízkou úroveň defoliace daleko méně citlivé než na zastiňování vysokými travami (Whyte et al., 1959).

List vyzrává bazipetálně, tzn. že jako poslední jeho část dospívá listová pochva. Jakmile se vytvoří jazýček, růst listu je ukončen. Proto pokusy stimulovat další aktivitu interkalárních meristémů čepele, zvláště částečnou defoliací listů, u nichž se už vytvořil jazýček, nebyly úspěšné (Coodin, 1972).

Čepele se s vyšší úrovní inzerce zvětšují (šířka, délka) až do vytvoření květenství, poté stébelné listy pokračují ve zvětšování své šířky, ale zkracují se. Naopak délka pochvy se zvětšuje i po vytvoření květenství. Z toho plyne, že plocha každého nového listu se do metání zvětšuje. Pak zvětšení listové plochy sice částečně kompenzuje zkracování čepele, ale pochva je orgán s přibližně poloviční fotosyntetickou aktivitou než čepele, takže fotosyntetická výkonnost listů se zvyšující se úrovní inzerce se podstatně nemění. Obecně platí, že delší listy bývají širší.

Listy nižší inzerce na hlavním výhonu rostou rychle, pokud také rostlina jako celek roste dostatečně rychle. Rychlost růstu dalších listů se zpomaluje, takže listy č. 10 až 13 (počítáno od báze stébela) odpovídají svým složením listům č. 5 až 7 na vedlejších výhonech (Wilson, 1976a). Bojínke vytváří listy nejrychleji, srha a jilek vytrvalý pomaleji a kostřava rákosovitá a kostřava luční nejpomaleji (Anslow, 1966).

MATERIÁL A METODA

Na šlechtitelské stanici Červený Dvůr u Měšic byly sledovány dvě řady pokusů:

1. Polní pokusy s travami, z nichž v roce 1994 a 1995 na počátku květu byly odebrány: a) listy nejvyšší úrovně inzerce, tj. bezprostředně pod vlajkovým listem, b) listy nižší úrovně inzerce, tj. třetí list pod vlajkovým listem. Byly využity semenné porosty založené v předcházejících letech těchto volně trsnatých (vt) a rhizomatických (rh) trav:

Lolium multiflorum Lam., cv. Romul (diploidní),
v 1. a 2. seči (vt)

(porost sklizený na semeno ze 2. seče byl
v 1. seči pokosen na píci)

Lolium multiflorum Lam., cv. Lolita
(tetraploidní), v 1. a 2. seči (vt)

(porost sklizený na semeno ze 2. seče byl
v 1. seči pokosen na píci)

Lolium perenne L., novošlechtěnek ČD
(diploidní), v 1. seči (vt)

Lolium perenne L., cv. Mustang (tetraploidní),
v 1. seči (vt)

Festuca rubra L., ssp. *rubra*, cv. Tábořská,
v 1. seči (rh)

<i>Festuca rubra</i> L., ssp. <i>rubra</i> , cv. Tamara, v 1. seči	(rh)
<i>Festuca rubra</i> L., ssp. <i>fallax</i> , cv. Rosana, v 1. seči	(vt)
<i>Festuca rubra</i> L., ssp. <i>fallax</i> , novošlechtětec ČD, v 1. seči	(vt)
<i>Festuca pratensis</i> Huds., cv. Otava, v 1. seči	(vt)
<i>Festuca pratensis</i> Huds., novošlechtětec ČD, v 1. seči	(vt)
<i>Dactylis polygama</i> Horvát., novošlechtětec ČD (diploidní), v 1. seči	(vt)
<i>Dactylis glomerata</i> L., cv. Niva (tetraploidní), v 1. seči	(vt)
<i>Cynosurus cristatus</i> L., cv. Rožnovská, v 1. seči	(vt)
<i>Cynosurus cristatus</i> L., novošlechtětec ČD, v 1. seči (vt)	
<i>Poa nemoralis</i> L., cv. Dekora, v 1. seči	(vt)
<i>Bromus unioloides</i> L., novošlechtětec ČD, v 1. seči	(vt)

2. Ve skleníku v sadbovácích bylo na jaře roku 1994 připraveno 5200 rostlin *Lolium multiflorum* Lam. cv. Romul. S každým plně rozvinutým listem na hlavním, resp. vedlejším stéble (tab. II) byl odebrán vzorek vždy z bloku 400 rostlin. Každý z odebraných vzorků listů byl separován na čepele a pochvy, usušen při 55 °C a analyzován technikou NIRS (na přístroji Pacific

Scientific 6500) na stravitelnost organické hmoty (OMD), obsah sušiny, dusíkatých látek, frakce vlákniny podle van Soesta (NDF, tj. neutrální vláknina; ADF, tj. acidodetergentní vláknina; ADL, tj. acidodetergentní lignin) a vodorozpustné sacharidy po inverzi (WSC). Obsahy látek byly vyjádřeny jako procento v sušině.

VÝSLEDKY

Posuzují-li se listy na stéble k určitému datu (tab. I), čepele i pochvy nejvyšší inzerce z polních pokusů mají nižší sušinu a vyšší nutriční hodnotu ve srovnání s čepelemi a pochvami nižší inzerce. Protože oddělování starších pochev od stébla (listy nižší úrovně inzerce) činilo značné technické problémy a nebylo vždy kompletní, rozdily u pochev byly ve skutečnosti ještě větší.

Posuzují-li se listy postupné inzerce na stéble za předpokladu nivelizace vlivu vnějších faktorů (tab. II), změny v nutriční hodnotě odrážejí vrozené ontogenetické změny ve strukturálních charakteristikách následných listů. Čepele na hlavním stéble se zvyšující se úrovní inzerce se vyvíjejí delší dobu, a s výjimkou WSC mají horší nutriční hodnotu. Čepele na vedlejším stéble č. 3 a 5 se svými charakteristikami blíží čepelím na hlavním stéble č. 5 a 7. Pochvy měly v průměru sice horší nutriční charakteristiky než čepele, avšak trend

I. Nutriční charakteristiky (průměry hodnot) čepelí a pochev nejvyšší (H) a nižší (L) úrovně inzerce na začátku metání trav na poli v letech 1994 a 1995 ($n = 36$) – Nutritive characteristics (means of values) of blades and sheaths of highest (H) and lower (L) levels of insertion at the onset of earing of grasses in the field in the years 1994 and 1995 ($n = 36$)

		L	H	t-test
Čepele ¹	Sušina ³ (%)	21,7	16,9	***
	OMD	74,6	82,5	***
	N.6,25 (% v sušině)	22,5	27,1	**
	NDF (% v sušině)	46,4	38,7	**
	ADF (% v sušině)	33,7	28,2	**
	ADL (% v sušině)	3,1	2	**
	WSC (% v sušině)	10,2	13	**
Pochvy ²	Sušina (%)	23,5	18,7	***
	OMD	70,9	77	***
	N.6,25 (% v sušině)	19,2	22,8	**
	NDF (% v sušině)	49,6	43,1	**
	ADF (% v sušině)	37,9	32,6	**
	ADL (% v sušině)	3,8	2,8	*
	WSC (% v sušině)	11,6	14,6	*

* $P_{0,95}$

** $P_{0,99}$

*** $P_{0,999}$

Vysvětlivky k tab. I a II – Explanations to Tabs I and II:

OMD = stravitelnost organické hmoty – organic matter digestibility

NDF = neutrální vláknina – neutral fibre

ADF = acidodetergentní vláknina – acidodetergent fibre

ADL = acidodetergentní lignin – acidodetergent lignin

WSC = vodorozpustné sacharidy po inverzi – water-soluble saccharides after inversion

¹blades, ²sheaths, ³dry matter

	Počet dní potřebných k rozvinutí listu ¹	Sušina ² (%)	OMD	% v sušince					
				N.6,25	NDF	ADF	ADL	WSC	
Čepel na hlavním stéble ³	3	4,5	16,7	84,3	25,8	36,8	24,6	1,7	18,6
	4	6,9	17,3	82,4	21,6	38,2	27,8	2,0	16,4
	5	10,2	17,5	81,6	22,1	39,5	30,5	2,1	18,9
	6	14,8	19,0	80,3	21,0	40,7	33,2	2,1	21,7
	7	19,9	21,7	79,7	20,3	41,8	35,0	2,2	23,5
Čepel na vedlejším stéble ⁴	3	9,2	17,4	81,0	22,6	41,7	30,6	1,9	18,2
	5	17,1	21,2	78,7	20,7	45,4	35,1	2,2	23,2
Pochva na hlavním stéble ⁵	3		18,6	72,7	21,5	42,7	32,7	2,6	20,0
	4		21,3	70,1	20,4	43,6	34,5	2,9	18,7
	5		22,6	67,8	20,2	45,9	37,8	2,9	19,5
	6		24,5	65,7	18,7	47,5	39,7	3,2	22,2
	7		26,9	63,7	17,8	49,1	41,5	3,3	24,7
Pochva na vedlejším stéble ⁶	3		22,3	67,6	20,6	44,0	36,9	2,8	19,2
	5		26,3	64,1	17,2	49,5	41,8	3,2	24,2

¹number of days needed for leaf unfolding, ²dry matter, ³blade on main stem, ⁴blade on secondary stem, ⁵sheath on main stem, ⁶sheath on secondary stem

změn v souvislosti s úrovní inserce vcelku věrně sledoval změny v čepelích.

DISKUSE

Listy nižší úrovně inserce jsou ontogeneticky mladší, růstově však starší než ty, které stojí nad nimi. Jestliže se srovnává nutriční hodnota fotosynteticky aktivních listů nižší a nejvyšší úrovně inserce k určitému datu (tab. I), růstově nejmladší listy nutně mají vyšší nutriční hodnotu vzhledem k malému rozsahu lignifikace. Podobný obraz poskytne srovnání raných a pozdních odrůd trav, jsou-li sklizeny k určitému kalendářnímu datu (Míka, 1983). Lignifikace v růstově nejmladších listech teprve začíná a vnější podmínky, které ji urychlují (vyšší teplota, intenzivní sluneční záření, délka dne, nízká relativní vzdušná vlhkost), na ně působí poměrně krátkou dobu.

Jestliže by se v podobných podmínkách měly k účelům diagnostiky odebírat listy trav, je nutné dodržovat zásadu odběru funkčních listů pouze určité úrovně inserce. Je však značně problematické rozhodnout, zda list už odumřel, a téměř nemožné určit, kdy se už rozložil (Anslo w, 1966). Při odběru listů v určité růstové fázi (např. na začátku metání) je proto lépe specifikovat pořadí podle postavení pod vlajkovým listem. Druhým problémem u dospělých rostlin je rozhodnout, zda se jedná o hlavní (primární) či vedlejší (sekundární a další) stéblo. Jediným přijatelným řešením v praxi je odebírat dostatečně velký průměrný vzorek listů dané úrovně inserce z různých stébel.

Pokud se srovnává nutriční hodnota listů ve stejné růstové fázi, to znamená, že listy byly odebírány po-

stupně podle toho, jak se plně vyvinuly (tab. II), proměnlivým faktorem je pouze ontogenetické stáří listů. Čepel a pochvy vyšší hladiny inserce vykazovaly vyšší podíl sklerenchymu a svazků cévních, měly více lignifikovanou blánu buněčnou, silnější kutikulu a menší podíl mezofylových a epidermálních buněk. Lignifikace a vývoj kutikuly v pochvách byl většího rozsahu než v čepelích (Wilson, 1976b). Gradient změn v nutriční hodnotě listů podle jejich úrovně inserce na hlavním stéble udává též Wilson (1976a), avšak diferencovaně podle pozice listu. Pro vyšší úroveň inserce čepelí a pochev (tj. 10. až 16. list) nejsou rozdíl tak velké jako u listů nižší úrovně. Určitý posun nastává i mezi listy stejné pozice na stéblech různého řádu (Míka, 1982, 1985): Listy č. 3 a 5 na vedlejším stéble svým chemickým složením i dobou potřebnou k plnému rozvinutí (tab. II) odpovídají listům na hlavním stéble o dvě až tři pozice mladším (vyšší inserce). Z toho plyne nutnost určité opatrnosti při vzorkování listů ze starších rostlin, u nichž stébla nižšího řádu převládají.

Naproti tomu listy z časné první seče u jednoletého jílku, resp. prvních nárůstů trav po výsevu by podle toho měly mít vyšší OMD a méně vlákniny než listy z opožděné první seče a dalších nárůstů. Obsah vlákniny narůstá se zvyšující se velikostí listů (se zvyšující se úrovní inserce), která v nich tvoří mechanickou kostru, která udržuje list vzpřímený (Míka, 1989). Se stoupajícím obsahem vlákniny klesá stravitelnost (tab. II). Wilson (1976a) na základě studia literatury nenašel konzistentní závislost mezi obsahem vlákniny a velikostí listů různých druhů trav a nepříkládá jí větší význam.

Mezi obsahem vlákniny a dusíku v travách bývá obvykle negativní korelace (Míka, Paul, 1985).

Trend zvyšování obsahu vlákniny (NDF, ADF), resp. ligninu (ADL) a snižování obsahu dusíkatých látek směrem k listům vyšší úrovně inzerce odráží zřejmý prohlubující se dusíkový stres později nasazených a rozvinutých listů.

Listy vyšší úrovně inzerce se vyvíjejí pomaleji (tab. II), zůstávají déle zelené a senescence u nich postupuje pomaleji. Jelikož se obsah NDF v průběhu stárnutí listů zvyšuje přibližně lineárně (Míka, Paul, 1985), rozdíl mezi listy různé úrovně inzerce by bylo možné částečně eliminovat analýzou kovariance podle NDF (Míka, 1991), ne však úplně (Wilson, 1976a).

Poděkování

Za finanční příspěvek na dokončení experimentálních prací, zvláště na chemické rozborů metodou NIRS, v rámci grantu č. RE-5540 *Studium potenciálních možností využití metody NIRS pro hodnocení chemického složení a nutriční kvality rostlinné biomasy* děkují autoři Národní agentuře pro zemědělský výzkum MZe ČR.

LITERATURA

ANSLOW, J.: The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. *Herb. Abstr.*, 36, 1966 (3): 149–155.
COODIN, J. R.: Chemical regulation of growth in leaves and tillers. In: ZOUNGNER, V. B. – McKELL, C. M. (eds): *The biology and utilization of grasses*. New York, London, Acad. Press 1972: 135–145.

MÍKA, V.: Na, K and Ca concentration in *Dactylis glomerata*. *Grass and Forage Sci.*, 37, 1982: 321–325.

MÍKA, V.: A comparison of the nutritive value of early and late varieties of timothy. *Grass and Forage Sci.*, 38, 1983: 67–71.

MÍKA, V.: Botanický rozbor vegetativních částí pícních trav. In: JAKRLOVÁ, J. (ed.): *Zpráva o projektu Kameničky*. Brno, ÚEB ČSAV 1985 (37): 17–20.

MÍKA, V.: Hodnocení kvality píce ve šlechtění trav. 1. díl. [Doktorská dizertace.] Troubsko, 1989. 216 s. – VŠÚP.

MÍKA, V.: Use of analysis of covariance in the correction of differences in metric traits caused by harvesting grass and legume varieties on other than optimum harvesting dates. *Věd. Práce VŠÚP Troubsko*, 12, 1991: 53–57.

MÍKA, V. – PAUL, CH.: Sezonní variabilita ukazatelů výživné hodnoty částí rostliny pícních trav a jetelovin. *Rostl. Vyr.*, 31, 1985 (6): 653–662.

TETTER, M. – MÍKA, V.: Utváření povrchů listů kultivarů s rhy říznáčky (*Dactylis glomerata* L.), *Preslia*, 59, 1987: 311–314.

WHYTE, R. O. – MOIR, T. R. G. – COOPER, J. P.: *Grasses in agriculture*. Rome, FAO 1959. 416 s.

WILSON, J. R.: Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. I. Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. *Austral. J. Agric. Res.*, 27, 1976a: 343–354.

WILSON, J. R.: Variation of leaf characteristics with level of insertion on a grass tiller. II. Anatomy. *Austral. J. Agric. Res.*, 27, 1976b: 355–364.

Došlo 17. 4. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Václav Míka, DrSc., Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, Výzkumná stanice travních ekosystémů, K. H. Borovského 461, 569 43 Jevíčko, Česká republika, tel.: 0462/32 78 14, 0361/25 30 44, fax: 0361/25 30 43

Ústav zemědělských a potravinářských informací

vydává

ZAHRADNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK

Slovník je koncipován jako moderní odborná encyklopedie všech oborů zahradnictví, tj. ovocnářství, zelinářství, květinářství, sadovnictví, školkařství, vinařství, pěstování léčivých a aromatických rostlin, kultivovaných hub, zpracování ovoce a zeleniny. Obsahuje i termíny z oborů tropického a subtropického zahradnictví.

V jednotlivých přehledných a srozumitelných heslech jsou shrnuty současné poznatky nejen z oblasti zahradnictví, ale i z oblastí vědních oborů, které jsou zdrojem pokroku v zahradnictví.

Ve slovníku jsou vysvětleny nejzávažnější pojmy užívané v botanice, fyziologii, genetice a šlechtění, biotechnologii a ochraně rostlin. Tím se slovník stává potřebnou pomůckou každému, kdo pracuje s odbornou nebo vědeckou literaturou. S velkou zodpovědností jsou ve slovníku uvedeny platné vědecké i české názvy rostlin, jejich botanické členění i autoři názvů, což umožňuje napravit časté nepřesnosti uváděné v naší odborné literatuře.

Předpokládaný rozsah slovníku je 5 dílů formátu A4 (každý rok vyjde jeden díl). První díl má 440 stran textu včetně pérovek a černobílých fotografií a 32 barevných tabulí. Druhý díl obsahuje 544 stran a 40 barevných tabulí.

Cena prvního dílu je 295 Kč (bez poštovného), druhého 345 Kč. Třetí díl se připravuje pro tisk.

Závazné objednávky zasílejte na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací
Encyklopedická kancelář
Slezská 7
120 56 Praha 2

VZTAH MEZI OBSAHEM DRASLÍKU A NITRÁTŮ V PÍCNINÁCH

RELATIONSHIP BETWEEN POTASSIUM AND NITRATE CONTENTS IN FORAGE CROPS

Z. Poulík

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: The relationship between potassium and nitrate contents in herbage of perennial forage crops on arable land and grassland was studied by correlation and regression analyses, along with the relationship between potassium content and dry matter production of these crops. Problems were solved in three-year exact field trials with alfalfa, red clover and Italian ryegrass or grassland consisting of 30% clover crops (red clover, white clover) and 70% grasses (meadow fescue, red fescue, smooth-stalked meadow grass, timothy, ryegrass). Results of the trial with perennial forage crops on arable land are in Tab. II. The relationship between potassium and nitrate contents was much dependent on forage species, year and relevant harvest (cut). In alfalfa a strong positive correlation was found between potassium and nitrates in most of the cuts. In red clover and Italian ryegrass this relationship was free, with some exceptions. More significant dependence was not found in any of these crops, nor in case of relationship between potassium content and dry matter production. The results of the trial with temporary grassland are in Tab. IV. Simultaneously with it, in case of meadow fodder a great variability of results as depended on the year and cut was recorded. Significantly positive correlation coefficients for relationship between potassium and nitrate contents were found in the second cut of the first time replication, in all cuts of the second time replication and in the first cut of the third time replication. Unlike forage crops on arable land significantly positive relationship between potassium content and dry matter production was found in meadow fodder, namely in the second cut of the first time replication, in the first and third cuts of second time replication and in the second cut of third time replication. In total, it can be drawn from the results obtained that relationships between potassium and nitrate contents, and potassium and dry matter production cannot be unambiguously generalized because they are conditioned by a lot of factors affecting uptake of both ions by plants and dry matter production, particularly by uptake ability (affinity) of different crops, weather (especially precipitation) conditions, ion content and ratio in nutritional medium, concentration in plants, etc.

potassium; nitrates; forage crops; correlation of potassium to nitrates; correlation of potassium to dry matter production

ABSTRAKT: V exaktním polním pokusu s víceletými pícninami na orné půdě (vojtěška setá, jetel luční, jilek mnohokvětý) a dočasným lučním porostem (30 % jeteloviny, 70 % trávy) byl studován vztah mezi obsahem draslíku a nitrátů v píce a mezi obsahem draslíku a produkcí sušiny. Těsnost vztahu byla značně závislá na druhu pícniny, ročníku a seči. Obsah draslíku silně koreloval s obsahem nitrátů ve většině sečí u vojtěšky, u jetele a jilku byl tento vztah volný. V luční píce byly průkazné kladné závislosti zjištěny především ve druhém časovém opakování, v dalších dvou letech jen v některých sečích. Vztah mezi obsahem draslíku v píce a produkcí sušiny nebyl u pícnin na orné půdě prokázán, v píce z dočasné louky byly průkazné kladné korelace zjištěny jen v některých sečích. Sledované vztahy u pícnin byly celkově charakteristické značnou variabilitou, podmíněnou zejména druhem plodiny, pedologickými a agrochemickými vlastnostmi příslušného stanoviště a povětrnostními podmínkami v jednotlivých sečích.

draslík; nitráty; pícniny; korelace draslík x nitráty; korelace draslík x produkce sušiny

ÚVOD

Draslík je pro rostliny jedním z nejvýznamnějších makrobiogenních prvků. Ovlivňuje řadu biochemických a fyziologických procesů, odolnost rostlin k suchu, nízkým teplotám, poléhání, jejich zdravotní stav a rovněž kvalitu rostlinných produktů. Vyznačuje se snadným příjmem a značnou labilitou v rostlinách vzhledem k relativně malé velikosti hydratovaného iontu a také schopností redistribuce ze starších pletiv do mlad-

ších. Rostlinami může být přijímán buď aktivně, zejména při nízké koncentraci v živném prostředí, nebo pasivně, zvláště při vysoké koncentraci (nad 0,5 mmol.l⁻¹) v půdním roztoku (Epstein, 1972).

Na půdách s vysokým obsahem výměnného a vodorozpuštěného draslíku může být přijímán a v rostlinných buňkách hromaděn ve značném množství. Ve snaze dosáhnout geneticky daný elektroneutralní stav buňky reagují rostliny na nadměrný příjem draslíku zvýšenou sorpcí snadno dostupných aniontů, především NO₃⁻, Cl⁻, H₂PO₄⁻ aj.

Byly např. prokázány časově shodné prodlevy v pohybu nitrátů a draslíku v xylémovém proudu, a tím i společný transport obou těchto protiiontů (Plhák, 1992). Objevují se i teorie, že nadbytečný příjem draslíku a synergický vztah K^+ a NO_3^- jsou příčinou nejen zhoršení kvality některých rostlinných produktů (cukrovka, brambory, silážní kukuřice), ale i poklesu výnosů plodin (Královič, 1984). Uvedené vztahy byly v poslední době sledovány v řadě experimentů s jednotlivými plodinami, např. cukrovkou (Müller, 1977), bramborami (Forster, Berlinger, 1983), travami (Bánszki, 1988), lučnými porosty (Honz, Honzová, 1989), slunečnicí a špenátem (Minář et al., 1990), jetelotravními směskami (Morháč, 1992) aj. Významná je tato problematika zvláště u píce, u nichž je z hlediska potřeb hospodářských zvířat nežadoucí jak nadměrné hromadění draslíku v píci, které může mít za následek metabolické poruchy v důsledku hyperkalinémie a pastevní tetanie, tak i nitrátů, jež mohou být v tělech zvířat redukovány na toxické nitrity nebo tvořit karcinogenní nitrosaminy (Královič, 1984; Hlásný, 1990). Vzhledem k tomu, že dosažené výsledky u píce jsou dosud značně rozporné, bylo cílem práce objasnit uvedenou problematiku v exaktních pokusech s víceletými pícninami na orné půdě a s dočasným lučným porostem.

MATERIÁL A METODA

Problematika byla studována ve dvou tříletých pokusech. Experiment s víceletými pícninami (vojtěška setá Palava, jetel luční Start, jílek mnohokvětý Lolita) probíhal v řepařském výrobním typu na stanovišti

s nadmořskou výškou 280 m. Průběh povětrnostních podmínek v jednotlivých pokusných letech uvádí tab. I. Pedologicky lze lokalitu charakterizovat jako hlinitou hnědozem s nižším sklonem k hrudovitosti. Z agrochemického hlediska se jedná o půdu slabě kyselou (pH 5,7; 6,0; 6,2) s obsahem přístupného fosforu 97, 107 a 36 $mg \cdot kg^{-1}$, draslíku 163, 195 a 194 $mg \cdot kg^{-1}$ a hořčíku 125, 143 a 186 $mg \cdot kg^{-1}$ v jednotlivých časových opakováních.

Všechny pícniny byly hnojeny fosforem a draslíkem do zásoby, vojtěška na tři roky vegetace, jetel a jílek na dva roky vegetace. Celkové dávky živin činily pro vojtěšku 80 $kg P \cdot ha^{-1}$ a 280 $kg K \cdot ha^{-1}$, pro jetel a jílek 50 $kg P \cdot ha^{-1}$ a 180 $kg K \cdot ha^{-1}$. Fosfor byl aplikován ve formě superfosfátu, draslík ve formě draselné soli. Dusíkem byla hnojena krycí plodina (oves na zeleno) v dávce 40 $kg \cdot ha^{-1}$ a dále jílek po sklizni krycí plodiny a po sklizni 1. a 2. seče v I. užitkovém roce v dávce 60 $kg \cdot ha^{-1}$ a na jaře v I. užitkovém roce v dávce 100 $kg \cdot ha^{-1}$, ve všech případech ve formě ledku amonného s vápencem.

Experiment s dočasným lučným porostem probíhal v bramborařském výrobním typu na stanovišti s nadmořskou výškou 550 m. Průběh povětrnostních podmínek je uveden v tab. II. Z pedologického hlediska lze pokusnou lokalitu charakterizovat jako fluvizem glejovou, jílovitohlinitou, na nevápnitých nivních sedimentech, s orníci do hloubky 200 mm. Z agrochemického hlediska se jedná o půdu extrémně kyselou (pH/KCl 3,81) s obsahem přístupných živin (Mehlich II): 5 $mg P \cdot kg^{-1}$, 200 $mg K \cdot kg^{-1}$, 300 $mg Mg \cdot kg^{-1}$ a 1225 $mg Ca \cdot kg^{-1}$.

Luční porost byl tvořen z 30 % jetelovinami (jetel luční, jetel plazivý) a ze 70 % travami (kostřava luční,

I. Průběh povětrnostních podmínek na stanovišti pokusu s víceletými pícninami na orné půdě – The pattern of weather conditions at the experimental site with perennial forage crops on arable land

Měsíc ¹	1. časové opakování ²		2. časové opakování		3. časové opakování	
	průměrná teplota ³ (°C)	úhrn srážek ⁴ (mm)	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)
I.	-1,3	30,3	-7,4	49,3	1,3	33,8
II.	-6,8	32,2	-1,0	42,8	1,7	40,5
III.	1,8	18,4	-1,1	17,9	1,9	39,7
IV.	10,3	6,9	9,0	12,1	8,7	14,2
V.	15,6	71,9	12,4	112,5	15,8	26,7
VI.	16,8	59,8	15,9	116,0	16,2	76,8
VII.	17,4	46,3	19,3	84,8	19,4	71,0
VIII.	17,6	141,4	16,3	53,0	18,8	117,3
IX.	12,6	18,6	15,2	51,7	13,7	57,0
X.	8,5	27,0	9,7	34,5	8,8	21,5
XI.	3,8	31,4	4,4	8,3	-0,3	17,7
XII.	-1,1	75,1	0,8	31,3	1,5	48,4
Průměr ⁵	7,9	-	7,8	-	9,0	-
Suma ⁶	-	559,3	-	614,2	-	564,6

¹month, ²time replication, ³average temperature, ⁴sum of precipitation, ⁵average, ⁶sum

kostrava červená, lipnice luční, bojínka luční, jilek vtrvalý). Roční dávka dusíku činila $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a byla dělena na $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ v jarním období, $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ po sklizni 1. seče a $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ po sklizni 2. seče. Živiny byly dodány ve formě ledku amonného s vápencem, superfosfátu a draselné soli.

Při sklizni každé seče, provedené v pícninářské zralosti, byly odebrány vzorky rostlin na chemické analýzy. Draslík byl stanoven fotoplasmometricky, nitráty potenciometricky (ISE). Předmětem sledování byly vzájemné vztahy obsahu draslíku a nitrátů v sušině píče a obsahu draslíku a produkce sušiny, hodnocené korelační analýzou, a v případě zjištění průkazných závislostí determinace typu regresního vztahu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Průměrné obsahy draslíku a nitrátů v píči z jednotlivých sečí, produkci sušiny a korelační koeficienty z pokusu s víceletými pícninami uvádí tab. III. Z dosažených výsledků vyplývá, že vztah mezi obsahem draslíku a nitrátů je značně závislý na druhu pícniny, ročníku a příslušné sklizni (seči). Silná kladná korelace byla zaznamenána u vojtěšky v 1. časovém opakování ve všech čtyřech sklizních. Zatímco v 1. seči byl vztah determinován jako exponenciální, definovaný rovnicí $y = \exp(-5,00 + 0,78x)$, v dalších sečích vesměs jako lineární ve tvarech $y = -0,0059 + 0,024x$ (2. seč), $y = 0,013 + 0,026x$ (3. seč) a $y = 0,0024 + 0,0058x$ (4. seč). Ve 2. časovém opakování se v prvních třech sečích pohybovaly korelační koeficienty zhruba na úrovni předchozího roku, avšak pouze ve 3. seči na hladině

statistické významnosti. Vztah byl determinován jako exponenciální ve tvaru $y = \exp(-4,83 + 0,38x)$. Ve 3. časovém opakování byla zjištěna vysoce průkazná korelace multiplikativního charakteru ve 3. a 4. seči, definovaná rovnicemi $y = -4,43x^{0,90}$ (3. seč) a $y = -5,00x^{1,34}$ (4. seč).

U jetele lučního byla těsnost vztahu mezi obsahem draslíku a nitrátů podstatně nižší než u vojtěšky. V 1. a 3. časovém opakování byly vesměs zjišťovány buď volné, nebo velmi slabé vztahy, výjimku tvořila pouze 1. seč ve 2. časovém opakování s průkaznou multiplikativní korelací ve tvaru $y = -5,77x^{2,20}$.

Jilek mnohokvětý vykazoval podobné výsledky jako jetel luční. Ve všech sečích obou časových opakování nebyla existence těsnějšího vztahu mezi obsahem draslíku a nitrátů prokázána.

Výsledky dosažené u víceletých pícnin naznačují poměrně značnou závislost vztahu draslíku a nitrátů na druhu plodiny. Zatímco u vojtěšky byla silná kladná korelace prokázána ve většině sečí, a podpořila tak původní teorii (Královič, 1984) i některé výsledky (Hlásný, 1990 aj.), u jetele a jílku byl uvedený vztah až na výjimky volný, což koresponduje s jinými publikovanými závěry (např. Morháč, 1992; Torma, 1994). Nepotvrdily se však tendence k poklesu obsahu nitrátů zvýšením příjmem draslíku, jak uvádějí Banský (1988), Minář et al. (1990) aj.

Zjištěné hodnoty korelačních koeficientů pro vztah mezi obsahem nitrátů a produkcí sušiny vyloučily jakoukoliv významnější závislost mezi uvedenými parametry u všech tří pícnin. Vysoce průkazná závislost u jílku ve 2. seči 1. časového opakování ($r = 0,932^{**}$) byla pouze ojedinělá. U víceletých pícnin se tedy nepotvrdily předpoklady o poklesu výnosové úrovně při

II. Průběh povětrnostních podmínek na stanovišti pokusu s dočasným lučním porostem – The pattern of weather conditions at the experimental site with temporary grassland

Měsíc ¹	1. časové opakování ²		2. časové opakování		3. časové opakování	
	průměrná teplota ³ (°C)	úhrn srážek ⁴ (mm)	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)
I.	-1,5	30,4	-1,5	46,6	0,6	42,6
II.	-0,2	25,4	-4,2	28,4	-1,7	10,5
III.	2,2	69,7	-0,4	25,8	4,2	57,2
IV.	6,3	20,2	7,9	30,7	6,9	48,7
V.	12,7	6,3	14,5	47,1	11,8	66,7
VI.	16,4	99,3	14,5	79,2	15,1	14,7
VII.	17,7	63,9	15,0	65,3	19,9	54,5
VIII.	20,3	49,8	15,7	66,8	17,4	116,3
IX.	12,4	26,2	11,4	42,1	13,3	96,4
X.	5,4	57,9	7,5	50,2	5,2	34,6
XI.	2,3	43,1	-1,0	26,5	7,1	39,7
XII.	-2,9	53,1	-0,4	73,3	-0,5	66,9
Průměr ⁵	7,59	–	6,58	–	8,28	–
Suma ⁶	–	545,3	–	582,0	–	648,8

For 1–6 see Tab. I

III. Výsledky pokusu s víceletými pícninami na orné půdě – Results of the trial with perennial forage crops on arable land

Plodina ¹	Časové opakování ⁵	Seč ⁶	Průměrný obsah ⁷ K (% sušiny ⁸)	Průměrný obsah NO ₃ ⁻ (% sušiny)	Průměrná produkce sušiny ⁹ (t.ha ⁻¹)	Koeficient korelace pro vztah ¹⁰	
						K x NO ₃ ⁻ (n = 28)	K x produkce sušiny (n = 28)
Vojtěška setá ²	1.	1.	2,88	0,064	6,60	0,728**	-0,360
		2.	2,57	0,056	7,94	0,674**	0,335
		3.	3,09	0,094	4,78	0,667**	0,339
		4.	2,69	0,018	2,17	0,733**	0,605
	2.	1.	2,23	0,034	7,42	0,602	0,297
		2.	2,25	0,052	5,20	0,601	0,093
		3.	2,16	0,018	4,91	0,679*	0,120
		4.	2,58	0,017	3,01	-0,073	0,198
	3.	1.	2,80	0,057	8,20	0,233	-0,125
		2.	2,73	0,076	5,00	0,010	-0,043
		3.	2,38	0,027	4,91	0,635**	0,216
		4.	2,92	0,029	2,21	0,642**	0,335
Jetel luční ³	1.	1.	2,51	0,019	9,04	0,480	0,452
		2.	2,44	0,021	8,56	0,301	-0,330
		3.	2,39	0,010	1,65	-0,242	-0,287
	2.	1.	1,81	0,012	6,92	0,718*	-0,280
		2.	2,31	0,011	3,81	0,418	0,184
	3.	1.	2,59	0,023	8,02	-0,093	-0,555
2.		3,21	0,030	6,24	0,332	0,054	
3.		2,97	0,013	5,51	0,044	0,262	
Jílek mnohokvětý ⁴	1.	1.	2,15	0,061	4,44	0,301	0,519
		2.	2,27	0,070	4,19	-0,059	0,932**
	2.	1.	2,96	0,122	7,69	0,179	-0,366
		2.	2,64	0,070	3,79	0,345	-0,400
		3.	2,55	0,060	2,43	0,417	0,018

* hladina významnosti¹¹ 0,05

** hladina významnosti 0,01

¹crop, ²alfalfa, ³red clover, ⁴Italian ryegrass, ⁵time replication, ⁶cut, ⁷average content, ⁸of dry matter, ⁹average dry matter production, ¹⁰correlation coefficients for relationship, ¹¹significance level

zvýšeném příjmu draslíku rostlinami jako u některých jiných plodin (Královič, 1984).

Výsledky sledovaných ukazatelů z pokusu s lučním porostem uvádí tab. IV. Rovněž v tomto případě byla prokázána značná variabilita dosažených výsledků v závislosti na ročníku a seči. V 1. časovém opakování byl zjištěn vysoce průkazný vztah mezi obsahem draslíku a nitrátů v píci ze 2. seče, regresní analýzou determinovaný jako lineární ve tvaru $y = -0,28 + 0,16x$. Relativně vysoké hodnoty korelačních koeficientů lineárního charakteru byly zjištěny ve všech sečích 2. časového opakování. Definovány byly rovnicemi $y = -0,049 + 0,078x$ (1. seč), $y = 0,017 + 0,061x$ (2. seč) a $y = 0,0016 + 0,095x$ (3. seč). Ve 3. časovém opakování byla závislost prokázána pouze v 1. seči ($y = -0,019 + 0,079x$). Uvedené výsledky jsou v souladu s některými publikovanými závěry (Honz, Honzová, 1989). Citovaní autoři na třísečné louce zjistili rovněž přímo úměrný vztah mezi obsahem draslíku a nitrátů v píci.

Na rozdíl od pícnin na orné půdě byl u lučního porostu v několika případech nalezen vztah mezi obsahem draslíku a produkcí sušiny. Jednalo se o 2. seč v 1. časovém opakování s lineární závislostí tvaru $y = -3,23 + 1,85x$, 1. a 3. seč ve 2. časovém opakování s multiplikační závislostí tvaru $y = -1,20x^{2,44}$ (1. seč) a $y = -4,26x^{3,00}$ (3. seč) a 2. seč ve 3. časovém opakování s lineárním vztahem $y = -2,15 + 1,43x$. Na těchto výsledcích se do značné míry podílí jednak přítomnost travních komponentů v porostu, vyznačujících se vyšší osvojovací schopností k draslíku (i z méně přístupných forem), než mají jeteloviny, pro které je naopak typická vyšší afinita k dvojmocným kationtům (Baier, 1982), jednak příznivé vláhové podmínky na stanovišti pokusu (úrodní poloha s vyšší hladinou podzemní vody).

Souhrnně lze z výsledků provedeného výzkumu vyvodit, že vztah mezi příjmem a obsahy draslíku a nitrátů v rostlinách nelze pro zemědělské plodiny a zvláště pícniny jednoznačně zobecnit, neboť je podmíněn

IV. Výsledky pokusu s dočasným lučným porostem – Results of the trial with temporary grassland

Časové opakování ⁵	Sec ⁶	Průměrný obsah ⁷ K (% sušiny ⁸)	Průměrný obsah NO ₃ ⁻ (% sušiny)	Průměrná produkce sušiny ⁹ (t.ha ⁻¹)	Koefficient korelace pro vztah ¹⁰	
					K x NO ₃ ⁻ (n = 36)	K x produkce sušiny (n = 36)
1.	1.	2,91	0,294	5,87	0,392	0,490
	2.	3,54	0,288	3,30	0,762**	0,617*
	3.	2,83	0,165	1,00	0,568	0,241
2.	1.	3,49	0,225	6,59	0,729**	0,783**
	2.	3,40	0,224	3,57	0,744**	-0,179
	3.	3,38	0,319	0,60	0,806**	0,656**
3.	1.	2,33	0,166	6,61	0,861**	0,021
	2.	2,65	0,265	1,64	0,177	0,736**
	3.	2,49	0,277	1,55	0,306	0,408

* hladina významnosti¹¹ 0,05

** hladina významnosti 0,01

For 5–11 see Tab. III

řadou faktorů, ovlivňujících příjem obou iontů, především sorpční schopností (afinitou) jednotlivých plodin, povětrnostními (zvláště vláhovými) podmínkami v období nárůstu příslušné seče, jejich obsahem a poměrem v živném prostředí, koncentrací v rostlinách aj. Zůstává však otázka, který z obou iontů je přijímán primárně a indukuje sorpci a transport druhého protiiontu (V aněk, Balík, 1993), lze-li vůbec o primárním a sekundárním příjmu v případě těchto dvou iontů hovořit.

LITERATURA

- BAIER, J.: Výživa rostlin v soustavě hnojení. Praha, IVV MZVŽ 1982. 216 s.
- BÁNSZKI, T.: Pázsítűvek nitrát-N tartalmának változása műtrágyázás hatására. Állatt. Takarm., 37, 1988 (6): 569–573.
- EPSTEIN, E.: Mineral nutrition of plants. New York, J. Wiley and sons, Inc. 1972.
- FORSTER, H. – BERLINGER, H.: Stärkegehalte von Kartoffelnollen in Abhängigkeit von Kalium – Ernährung und Knollenentwicklung. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkd., 146, 1983: 572–582.
- HLÁSNÝ, J.: K hodnocení některých vztahů minerálních a dusíkatých látek v krmivech. Agrochémia, 30, 1990 (1): 28–32.

HONZ, J. – HONZOVÁ, E.: Dosažené provozní poznatky o vztazích v systému Půda – hnojení – pícniny. In: Sbor. Ref. Půda – hnojení – pícniny – skot, Písek, 1989: 8–31.

KRÁLOVÍČ, J.: Realizácia genetického potenciálu rastlín a minerálna výživa. In: Sbor. Ref. Progressive cesty biologizácie rastlinnej výroby, Nitra, 1984: 41–48.

MINÁŘ, J. et al.: Hromadění dusičnanů rostlinami v závislosti na různé úrovni draselné a dusíkaté výživy. In: Sbor. Ref. Fyziologické aspekty výživy rostlin, Brno, VŠZ 1990: 90–93.

MORHÁČ, P.: Produkčné a kvalitatívne ukazovatele jednoduchých miešaniiek niektorých populácií *Dactylis glomerata* L. s ďatelinovinami. Rostl. Výr., 38, 1992 (5): 407–416.

MÜLLER, H. J.: Ertrag und Qualität von Zuckerrüben in Österreich sowie deren Beeinflussung insbesondere durch Düngung in Abhängigkeit von Standortfaktoren. Bodenkult., 28, 1977: 111–163.

PLHÁK, F.: Regulace pohybu nitrátů v rostlinách vojtěšky. Bull. Fyziol. Rostl. Praha, 1992 (3).

TORMA, S.: Draselné hnojení a kvalita produkcie. Agrochémia, 34, 1994 (9–10): 155–159.

VANĚK, V. – BALÍK, J.: Úloha a spotřeba draslíku v rostlinné výrobě. Agrochémia, 33, 1993 (7): 190–192.

Došlo 8. 3. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Zdeněk Poulík, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 31 02, fax: 05/45 13 30 96

**Nejčerstvější informace o časopiseckých článcích
poskytuje automatizovaný systém**

Current Contents

na disketách

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna odebírá časopis „**Current Contents**“ řadu „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ a řadu „**Life Sciences**“ na disketách. Řada „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ je od roku 1994 k dispozici i s abstrakty. Obě tyto řady vycházejí 52krát ročně a zahrnují všechny významné časopisy a pokračovací sborníky z uvedených oborů.

Uložení informací z **Current Contents** na disketách umožňuje nejrozmanitější referenční služby z prakticky nejčerstvějších literárních pramenů, neboť báze dat je **doplňována každý týden** a neprodleně expedována odběratelům. V systému si lze nejen prohlížet jednotlivá čísla **Current Contents**, ale po přesném nadefinování sledovaného profilu je možné adresně vyhledávat informace, tisknout je nebo kopírovat na disketu s možností dalšího zpracování na vlastním počítači. Systém umožňuje i tisk žádank o separát apod. Kumulované vyhledávání v šesti číslech **Current Contents** najednou velice urychluje rešeršní práci.

Přístup k informacím Current Contents je umožněn dvojím způsobem:

- 1) Zakázkový přístup** – po vyplnění příslušného zakázkového listu (objednávky) je vhodný především pro mimopražské zájemce.
Finanční podmínky: – použití PC – 15 Kč za každou započatou půlhodinu
– odborná obsluha – 10 Kč za 10 minut práce
– vytištění rešerše – 1 Kč za 1 stranu A4
– žádanky o separát – 1 Kč za 1 kus
– poštovné + režijní poplatek 15 %
- 2) „Self-service“** – samoobslužná práce na osobním počítači v ÚZLK.
Finanční podmínky jsou obdobné. Vzhledem k tomu, že si uživatel zpracovává rešerši sám, je to maximálně úsporné. (Do kalkulace cen nezapočítáváme cenu programu a databáze **Current Contents**.)

V případě Vašeho zájmu o tyto služby se obraťte na adresu:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna

Dr. Bartošová

Slezská 7

120 56 Praha 2

Tel.: 02/24 25 79 39, l. 520, fax: 02/24 25 39 38

Na této adrese obdržíte bližší informace a získáte formuláře pro objednávku zakázkové služby. V případě „self-servisu“ je vhodné se předem telefonicky objednat. V případě zájmu je možné si objednat i průběžné sledování profilu (cena se podle složitosti zadání pohybuje čtvrtletně kolem 100 až 150 Kč).

MINERALIZATION ACTIVITY OF MICROBIAL BIOMASS IN RECLAIMED SOILS IN COMPARISON WITH EMPIRICAL MATHEMATICAL MODEL

MINERALIZAČNÍ AKTIVITA MIKROBIÁLNÍ BIOMASY V REKULTIVOVANÝCH PŮDÁCH VE SROVNÁNÍ S EMPIRICKÝM MATEMATICKÝM MODELEM

M. Škoda¹, L. Růžek², L. Dušek¹, J. Hofman¹, J. Sixta³

¹Masaryk University, Faculty of Science, Brno, Czech Republic

²Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

³Restoration Center, Inc., Most, Czech Republic

ABSTRACT: This study compared two different approaches for assessing biological potential of reclaimed soils: 1) an empirical mathematical model for topsoil microbial evaluation comparing measured values with model minimum for microbial biomass carbon (MB-C) and with model maximum for extracellular extractable organic carbon (EX-C) and 2) actual and laboratory estimation of microbial parameters associated with mineralization activity of the whole microbial community: respiration rate (RR), glucose-stimulated potential respiration response (PR), biomass specific respiration rate (qCO_2) and capability to utilize easily available organic substrate. Six different reclaimed dumps from North Bohemian Brown Coal Basin were selected for that purpose. The selected sites formed a reasonably wide range of possible results of reclamation process. The soils in the first category (two sites suitable for agronomic management and one extensive meadow) were found to have well developed MB-C (72 to 78% of model minimum) associated with relatively high mineralization activity. Model findings were fully confirmed by estimation of actual and potential mineralization parameters: relatively low content of EX-C; high ratio PR/RR: 13.8 to 15.2 and relatively high conversion rate of added glucose-C to biomass-C. The opposite situation was found in the case of technically adjusted dump without a prospect for biological reclamation: low MB-C content (22% of model minimum); relatively high content of EX-C associated with low mineralization activity; extremely low potentiation of respiration response by glucose (PR/RR ratio 3.2). Both compared experimental approaches were able to detect positive changes in reclaimed dump overlaid with unsuitable loamy loess after application of organic materials (increased MB-C content, increased mineralization capacity, lower maintenance energy requirements and higher biosynthesis of MB-C from available organic substrate). Biomass specific respiration rate was confirmed to be a sensitive indicator of physiological stress both in field and laboratory conditions, particularly when evaluated simultaneously with EX-C.

reclaimed soils; microbial biomass carbon; mineralization activity; evaluation and bioindication of soil fertility; mathematical model; risk assessment in stressed soils

ABSTRAKT: Studie srovnává dva rozdílné přístupy použitelné pro posouzení biologického potenciálu rekultivovaných půd: 1) empirický matematický model srovnávající naměřené hodnoty s modelovým minimem, vypočteným pro obsah mikrobiální biomasy (MB-C), a s modelovým maximem, vypočteným pro extrahovatelný (0,5 M K_2SO_4) extracelulární organický uhlík (EX-C); 2) stanovení velikosti mikrobiální biomasy a mineralizační aktivity celého mikrobiálního společenstva v čerstvě odebrané půdě a během laboratorních inkubací, kde byly sledovány tyto parametry: respirační rychlost (RR), časná potenciální respirační odpověď na přidání saturující koncentrace glukózy (PR), specifická respirační rychlost vztážená na jednotku biomasy (qCO_2) a kapacita společenstva využít lehce dostupný substrát pro syntézu nové mikrobiální biomasy. Pro účel studie bylo vybráno šest různých rekultivovaných ploch tak, aby bylo zajištěno dostatečné spektrum možných výsledků rekultivace. Lokality Jirásek (výsypka povrchového Lomu Jirásek) a Želénky (vnitřní výsypka lomu pálených jíílů v katastru obce Želénky) byly vybrány jako plochy umožňující standardní zemědělské využití. U těchto půd byla aplikací matematického modelu zjištěna velmi dobře vyvinutá mikrobiální biomasa (72 až 78 % modelového minima) spojená se značnou mineralizační aktivitou (především u lokality Jirásek). Obě půdy vykazovaly relativně nízkou specifickou respiraci, indukující nestresové podmínky, a značnou mineralizační kapacitu, mobilizovatelnou ihned po přidání substrátu (poměr PR/RR: 13,8 až 15,2). V průběhu laboratorních inkubací byla u těchto půd prokázána i dostatečná konverze organického uhlíku do nově syntetizované biomasy. Dostatečný rozvoj obsahu MB-C byl rovněž zjištěn u lokality Hornojirátečská (výsypka Velkolomu Českoslo-

venské armády; extenzivní louka, rovněž využitelná ze zemědělského hlediska): 69 % modelového minima MB-C a 24 % modelového maxima EX-C. V průběhu laboratorní inkubace však tato půda prokázala sníženou schopnost obnovy a syntézy nové mikrobiální biomasy: obsah MB-C klesl i v přítomnosti saturujícího množství glukózy (stresové podmínky byly naznačeny i zvýšenými hodnotami qCO_2). Lokality Rudolice (výsypka lomu Ležáky a Lomu Most) a Lom Most (výsypka Lomu Most) byly srovnávány vzhledem k stejnému typu podloží a historii rekultivačního procesu. Výstupem z matematického modelu byl rozvoj mikrobiální biomasy u Lomu Most ohodnocen lépe než u lokality Rudolice přesto, že materiál výsypky Lomu Most má nevhodnou texturu (v roce 1994 byl však obohacen organickými materiály). Ačkoli byla zjištěna vyšší aktuální mineralizační aktivita u odebraných vzorků z Rudolic než z Lomu Most, laboratorní inkubace jednoznačně odhalily nízkou stabilitu mikrobiální biomasy u Rudolic a malou kapacitu této půdy syntetizovat novou biomasu v přítomnosti glukózy. Lokality Radovesice (pouze technicky upravená výsypka lomu Bílina) byla oběma srovnávanými postupy označena jako nejhorší ze zkoumaných lokalit (22 % modelového minima MB-C; 189 % modelového maxima EX-C; poměr PR/RR 3,2; vysoká hodnota qCO_2 ; velmi nízká schopnost akumulace dostupného substrátu). Při statistickém hodnocení dat byl význam modelového parametru EX-C jako stresového indikátoru potvrzen významnou korelací se specifickou respirační rychlostí ($r = -0,9574$). Výsledné hodnocení biologického potenciálu půd oběma přístupy bylo shodné a kombinace uvedených metod přispěla k vytvoření věrohodných prognóz o vývoji studovaných lokalit. Parametry popisující respirační aktivitu a mineralizační potenciál mikrobiálního společenstva by tedy mohly být do popisovaného modelu zahrnuty na základě rozsáhlejší studie, zahrnující širší spektrum půd a vedoucí k stochastickému modelu založenému na vícerozměrné statistické analýze dat.

rekultivované půdy; mikrobiální biomasa; mineralizační aktivita; specifická respirační rychlost; matematický model; hodnocení rizik v půdních ekosystémech

INTRODUCTION

In recent years, increasing environmental disturbance and associated environmental hazards have stimulated intensive research to reliably assess the possible impact of stress factors on soil microbial communities. Parameters related to the whole microbial community have been proposed as early and sensitive indicators of stress caused by environmental factors. It seems possible to detect changes in microbial biomass and its activity long before they are detectable in the total organic matter content or by chemical analyses (Powelson, Brookes, 1987). The effect of stress factors on soil microbial populations is mostly studied in terms of changes in functions of the whole microbial community and the activity parameters are frequently determined in field soil samples (with or without pre-incubation) providing rather variable results due to the dependence on conditions at the time of sampling. Changing values of field parameters can reflect more substantial interaction of environmental stress with the distribution of energy input between growth (bioaccumulation of substrate) and maintenance energy requirements in microbial populations. This energy aspect of stress influence on soil microbial community can be studied only under well defined conditions where mineralization kinetics of added substrate is studied simultaneously with microbial biomass content (Chander, Brookes, 1991).

Although the role of microbial populations in soil ecosystem for nutrient cycling and soil stability is relatively well understood, there is still a scarcity of knowledge on standard methodology in evaluation of biological potential of stressed soils. Combination of different experimental approaches appears to be necessary for reliable risk assessment and prognosis in these systems. The main objective of the present study was

to compare two different approaches and their sensitivity in assessing the biological potential of reclaimed soils: 1) bioindication of soil fertility using an empirical mathematical model for topsoil microbial evaluation and 2) evaluation of microbial biomass carbon content (MB-C) and estimation of parameters associated with mineralization activity of the whole microbial community: respiration rate (RR), potential respiration response in the presence of saturating amount of glucose (PR), biomass specific respiration rate (so called metabolic quotient qCO_2 - Anderson, Domsch, 1993), ratio PR/RR. Second objective was to evaluate biological potential of six reclaimed soils in a model laboratory incubations studying the capability of the soils to utilize easily available organic substrate (glucose).

MATERIAL AND METHODS

Site description and soil handling

Six different reclaimed dumps from North Bohemian Brown Coal Basin were chosen as a basis for microbial evaluation. The sites were selected in order to cover a wide range of possible results of reclamation process. The altitude above the sea level of the tested sites was 200 to 350 m. Physico-chemical properties of the sites are shown in Tab. I.

A profile of tested soils was man-made from soil deposits after mining. The sites Želénky and Jirásek were successfully reclaimed dumps that allowed standard agronomic management. At the time of sampling, the site Želénky was used for agricultural production (wheat, maize), Jirásek was in the state of fallow field. Temporal outer dump Hornojířetinská was extensively reclaimed. At the time of sampling, the site was in the

I. Description and physico-chemical parameters of studied reclaimed soils

Site	Age of restoration; site description	pH _{water}	pH _{KCl}	C _{ox} (%)	N _{tot} (%)	C : N	Q _{4/6}	Soil texture (% of particles)		
								sand	silt	clay
Želénky	reclaimed from 1976; clayey subsoil overlaid with deposited sandy loam and mouldered porcelanit	7.28	6.73	0.912	0.144	6.33	6.847	40.81	30.42	28.77
Jirásek	reclaimed from 1986; silt loam overlying clay sands	7.60	6.99	1.493	0.192	7.78	6.127	21.80	42.61	35.59
Hornojířetinská	reclaimed from 1970; direct reclamation of clay subsoil	6.68	6.10	1.685	0.204	8.26	6.110	21.19	34.86	43.95
Lom Most	reclaimed from 1979; low quality loamy loess overlying clayey subsoil	7.23	6.70	1.354	0.120	11.28	7.501	50.99	18.71	30.30
Rudolice	reclaimed from 1979; low quality loamy loess overlying clayey subsoil	7.16	6.65	1.362	0.155	8.79	7.452	22.36	32.26	45.38
Radovesice	technically adjusted from 1993; technically treated low quality sandy material	7.69	7.18	0.427	0.068	6.28	7.276	41.51	33.13	25.36

state of extensive meadow and at the starting point of afforestation. The first reclamation process of the dump Lom Most failed due to low quality of overlying loamy loess. The site was then continuously amended with green manure and in addition to that, industrial compost VITAHUM and bark fermented compost ENVIMA was applied in 1994 (200 t/ha). The dump Rudolice was in the state of fallow field due to low fertility and heavy structure of overlying loamy loess. The soil in site Radovesice has very low nutrient reserves and increased amount of Fe and Al ions (Růžek, unpublished data). There is no perspective for direct biological reclamation in this site.

Samples of soils were taken in October 1995. To take samples from the topsoil layer (0 to 15 cm deep), special stainless-steel microprobes, which facilitated minimum mechanical disturbance and the significant presence of coarse particles and roots, were used. Immediately after sampling, the samples were cooled below 10 °C and transported in portable ice-safe bags to the laboratory. Rough admixtures were removed and soil samples were stirred and sieved (< 4 mm). Adjusted soil samples (< 500 g) were stored before analyses in a refrigerator (4 °C) at field moisture for 30 days in aluminium or plastic boxes (designated for food), which were wrapped in plastic bags to avoid the moisture changes.

Microbiological and chemical analyses

The model evaluation used data from determination of soil microbial biomass (MB-C) by rehydration method (RE; Blagodatskiy et al., 1987) based on heat treatment of soil samples. Other evaluations of soil microbial biomass content were based on chloroform extraction-fumigation method (FE; Vance et al., 1987). Microbial biomass content (MB-C) was estimated according to recommended equations for RE

method (Blagodatskiy et al., 1987) and FE method (Vance et al., 1987).

Both RE and FE methods used 0.5 M K₂SO₄ extracts for determination of organic C (TOT-C) released from cells in heated or chloroform-treated (fumigated) samples. Extracellular extractable organic C (0.5 M K₂SO₄ extracts) from untreated samples was used as a control value in both methods (EX-C). All chemical analyses associated with the RE method were made as described in Růžek (1995). Organic carbon content in fumigated and non-fumigated samples (FE method) for MB-C estimation was determined by dichromate oxidation (Tate et al., 1988).

Soil respiration rate (RR) (at 22 °C) was estimated by gas chromatography analyses of accumulated CO₂ in the headspace of glass beakers containing soil samples. Potential respiration rate (PR) was estimated measuring maximum respiration response of soil samples amended with glucose water solution (5000 µg C g⁻¹ dry soil). Each microbial parameter was determined using four independent estimates. Biomass specific respiration rate (qCO₂) was evaluated as index relating actual RR value to the actual estimates of MB-C.

Laboratory incubations of soil samples were arranged according to Dušek, Tesařová (1996). In the beginning of laboratory incubations, composite soil samples were amended or not with 2 ml of glucose water solution provided saturating amount of glucose: 5000 µg C g⁻¹ dry soil. Sufficient amount of bottles were prepared to allow three independent estimations of soil respiration rate and microbial biomass content at each sampling time during the incubation. The bottles were incubated at 22 °C for 13 days. Soil respiration rate (RR) was measured daily and samples for MB-C estimation were taken on 5th and 13th day of incubation. Moisture of soil samples was kept at the constant level.

All analyses of actual respiration activity and laboratory incubations used preincubated soil samples

(22 °C; 4 days). This preincubation was observed to sufficiently reduce the influence of previous laboratory procedures and storage. Samples for determination of actual amount of MB-C in the field were equilibrated at 22 °C for 18 hours prior to the analysis.

Mathematical model description

Simple mathematical model has been developed in order to define relation between measured values of MB-C and EX-C and calculated model values (Růžek, 1994). In its first form, the model was set up on the basis of data collected in the years 1989 to 1992 on a wide range of undisturbed and reclaimed soils from 35 sites in the North Bohemian Brown Coal Basin ($pH_{IM\ KCl}$: 4.5 to 7.1; C_{org} : 0.54 to 3.41%). Model parameters were estimated on the basis of correlations between selected soil parameters and took into consideration total organic carbon in soil, pH value (H_2O and KCl), ratio of C : N of soil organic matter, the quality of humus substances (coefficient $Q_{4/6}$), and the percentage of clay and sand particles (particle size categories ISO: < 0.002 mm; 0.063 to 2.00 mm) (Růžek, 1994). The model evaluation was expressed as percentage of model minimum calculated for MB-C and model maximum calculated for EX-C according to final model equations (Růžek, 1995; slightly modified).

Statistical data evaluation

All results were expressed on the basis of the oven-dry (105 °C/8 hours) weight of the soil as mean value of independent replications and standard error (SE). The actual estimates of microbial parameters in the sites were compared using a one way analysis of variance (ANOVA; random model). Detailed differences between the sites were compared using the Student-Newman-Keuls test. An $\alpha = 0.05$ was chosen for determining significant differences between the variants. Spearman rank correlation coefficients (r_s) were calculated to estimate relations between microbial parameters (Zar, 1974).

RESULTS AND DISCUSSION

Comparison of model predictions (MB-C and EX-C) with measured values revealed significant differences among the sites. The two sites suitable for agricultural management, Jirásek and Želénky, and the meadow Hornojřetínská were very similar in the amount of microbial biomass as related to model minimum (72 to 78%). Within this group, Jirásek and Hornojřetínská seemed to have higher mineralization activity, because substantially lower amount of EX-C was found in these soils (24 to 28% of model maximum) than in Želénky

(71%). These model findings were fully confirmed by analyses of respiration activity (Tab. III). Želénky, Hornojřetínská and particularly Jirásek had higher values of PR/RR ratio than the other soils, which indicated higher capability of their microbial community to mineralize easily available organic matter (glucose). Relatively increased value of specific respiration activity in Hornojřetínská might indicate stress conditions, probably due to the lack of available organic substrates at the time of determination (low content of EX-C per unit of MB-C – Tab. I). Low amount of accessible organic matter in this site could be related to very intensive mineralization activity of existing microbial community (Tab. III).

Although overlying loamy loess differed in texture parameters (Tab. I), the sites Rudolice and Lom Most could be compared on the basis of the same history of reclamation process. The application of organic material (VITAHUM, ENVIMA) in 1994 significantly increased organic matter content in the site Lom Most (from previous 0.61 to 1.354% of C_{ox} , at the time of sampling). Mathematical model evaluation found better development of MB-C in Lom Most than in Rudolice (78 vs. 67% of model minimum; Tab. II). Lower content of extracellular organic carbon in Lom Most indicated higher mineralization activity than in the site Rudolice (47 vs. 53% of model maximum for EX-C; Tab. II).

On the other hand, microbial biomass content (measured by FE method), respiration activity (RR) and glucose-stimulated initial respiration response (PR/RR) were found to be significantly lower in soil samples from Lom Most than from Rudolice (Tab. III). The only discrepancy between the compared approaches (Tab. II vs. III) can be explained with respect to different soil parameters. Microbial biomass in Lom Most seemed to suffer from unsuitable texture parameters and lack of N (C : N ratio 11.28) which could have led to significant decrease of MB-C content as a consequence of sieving and storage of soil samples. Unsuitable parameters of organic matter in this soil could also influence immediate response to the addition of glucose as a simple carbon substrate (PR/RR – Tab. III).

Both compared approaches found the conditions in the dump Radovesice to be extremely unsuitable for the development and activity of microbial populations. Very low content of microbial biomass was associated with relatively high value of EX-C (Tabs I to III). Model evaluation was confirmed by extremely low capability of the soil to mineralize easily available substrate (PR/RR) and by high value of specific respiration activity (Tab. III).

Comparing respiration rates (RR) with initial rates of glucose-stimulated respiration of soil samples was proposed as an indication (but not accurate estimation) of the amount of easily available organic substrates in soils (Novák, 1965; Parkinson, Coleman, 1991). However, in the case of stressed soils described here, the derived parameter PR/RR could not be used

II. Results of mathematical model evaluation

Site	Microbial biomass ($\mu\text{g MB-C g}^{-1}$) [*]	Extracellular carbon ($\mu\text{g EX-C mg MB-C}^{-1}$) [*]	Model prediction ^{**}	
			minimum MB-C	maximum EX-C
Želénky	355.25 (14.36)	65.8 (8.58)	492.89 (72)	92.49 (71)
Jirásek	447.16 (8.10)	27.58 (13.58)	599.86 (75)	99.13 (28)
Hornojířetinská	450.95 (20.44)	23.17 (12.10)	651.89 (69)	98.15 (24)
Lom Most	408.27 (24.87)	53.71 (13.45)	528.07 (78)	115.43 (47)
Rudolice	397.67 (9.68)	47.8 (19.19)	593.97 (67)	90.55 (53)
Radovesice	95.44 (10.60)	136.62 (21.73)	429.03 (22)	72.28 (189)

^{*} Values estimated by RE method (Blagodatskiy et al., 1987); in parentheses: standard deviation (SD)

^{**} In parentheses: measured values expressed as % of model maximum (EX-C) and model minimum (MB-C)

III. Actual values of microbial biomass content and its activity^{*}

Site	MB-C ^{**} ($\mu\text{g C g}^{-1}$)	RR ^{**} ($\mu\text{g CO}_2\text{-C day}^{-1} \text{g}^{-1}$)	PR ^{***} ($\mu\text{g CO}_2\text{-C h}^{-1} \text{g}^{-1}$)	PR/RR	qCO ₂
Želénky	338.22 a	4.11 (0.91) a	2.36 (0.65) a	13.78	12.15
Jirásek	440.25 b	5.22 (0.64) a	3.30 (0.22) b	15.17	11.86
Hornojířetinská	620.21 c	11.42 (0.67) b	6.78 (0.44) c	14.25	18.41
Lom Most	377.31 a	4.99 (1.11) a	2.45 (0.50) a	11.78	13.23
Rudolice	587.39 c	8.45 (1.30) c	4.50 (0.51) d	12.78	14.39
Radovesice	152.97 d	4.57 (0.39) a	0.61 (0.22) e	3.20	29.80

^{*} MB-C: microbial biomass-C content; RR: respiration rate; PR: potential respiration (glucose-stimulated); qCO₂: biomass specific respiration rate ($\mu\text{g CO}_2\text{-C day}^{-1} \text{mg MB-C}^{-1}$)

Numbers within single column followed by the same letter are not significantly different (Newman-Keuls test, $P = 0.05$)

^{**} Microbial biomass content estimated by chloroform fumigation-extraction method (FE)

^{***} In parentheses: standard errors (SE)

as a direct measure of substrate availability because the initial rates of glucose-stimulated respiration depended not only on substrate availability, but also on physiological state of the whole microbial community in stressed soils. Instead of it, we used extracellular organic carbon (EX-C) per unit of MB-C that is routinely used as a control value for MB-C determination both in RE and FE method. EX-C content correlated significantly with specific respiration rate ($r_s = -0.9574$) suggesting stress conditions for microbial biomass in soil samples with lack of available organic matter. Ratio PR/RR seemed to reflect capacity of existing microbial biomass to utilize easily available organic carbon (glucose).

Although it was difficult to exactly evaluate statistical significance of correlation between actual estimates of MB-C content made by RE and FE method (relatively small sample for relevant statistical evaluation), the results of both methods were found to be very similar (compare Tabs II and III). The FE method appeared to give higher values of MB-C estimates, probably due to higher efficiency of chloroform in comparison with heat treatment.

Comparing with initial values (Tab. III), the MB-C content in all studied soils significantly decreased during first 120 hours of incubation without substrate addition. Significantly highest decline of MB-C was de-

tected in Radovesice and Rudolice (by 63.25 and 49.07%, related to the initial values – Tab. IV). The best capability to sustain existing microbial biomass was found in samples from Želénky. Although the MB-C content remained significantly lower than initial values during the whole incubation without substrate in all the samples, the decrease of MB-C value appeared to stop in the second phase and most of the soils started to recover their microbial biomass (except for Želénky). However, more frequent estimation of microbial biomass should be made to fully describe these fluctuations. Anderson, Domsch (1990) also observed occasional increases of the biomass during laboratory incubations, probably as a response to remixing and remoistening of the soil samples. The differences among the sites were less clear in the end of incubation without addition of glucose (312 hours), but stress conditions in the samples from Radovesice were still apparent (Tab. IV). In laboratory incubation, biomass specific respiration rate (qCO₂) significantly correlated with decline of MB-C content (in % of initial values; $r_s = 0.9551$) which again proved the sensitivity of qCO₂ as an indicator of stress.

The addition of saturating amount of glucose should stimulate, at least temporarily, the synthesis of new microbial biomass. Microbial biomass in variants with glucose was significantly higher than in control vari-

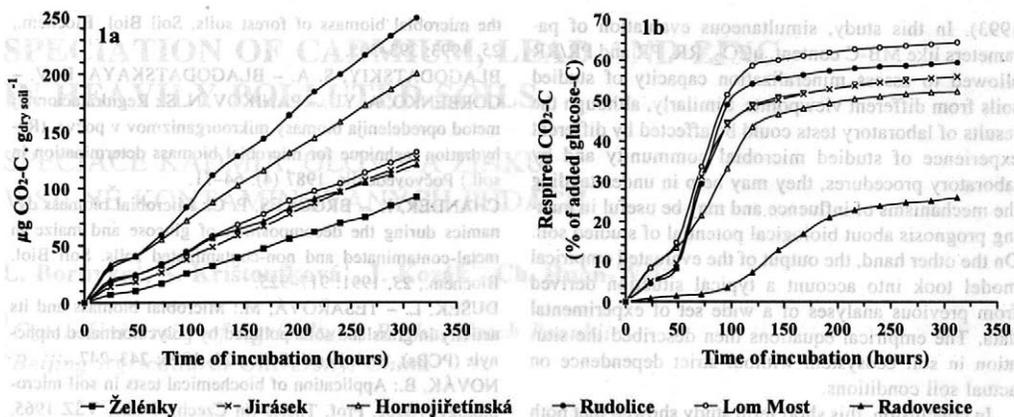
IV. Microbial biomass content and respiration activity during laboratory incubation *

	Site	Without glucose addition						With 0.5% glucose-C (based on dry weight)					
		microbial biomass (MB-C)		EX-C	RR	qCO ₂	microbial biomass (MB-C)		EX-C	RR	qCO ₂		
		(µg C g ⁻¹)	change from time 0**		(µg C g ⁻¹)	(µg CO ₂ -C day ⁻¹ g ⁻¹)	(µg CO ₂ -C day ⁻¹ mg MB-C ⁻¹)	(µg C g ⁻¹)	change from time 0**		(µg C g ⁻¹)	(µg CO ₂ -C day ⁻¹ g ⁻¹)	(µg CO ₂ -C day ⁻¹ mg MB-C ⁻¹)
	(µg C g ⁻¹)	(%)					(µg C g ⁻¹)	(%)					
After 120 hours of incubation	Želénky	252.27	-85.95	-25.41	57.73	6.70	26.56	430.10	+91.88	+27.77	175.07	223.41	519.44
	Jirásek	289.15	-151.09	-34.32	34.67	10.64	36.80	467.10	+26.85	+6.09	155.37	232.06	496.81
	Hornojířetinská	423.55	-196.66	-31.71	25.64	15.94	37.63	543.88	-76.33	-12.31	102.80	535.08	988.82
	Lom Most	247.19	-130.12	-34.49	51.57	13.79	55.79	466.02	+88.71	+23.51	166.52	371.94	798.12
	Rudolice	299.14	-288.24	-49.07	72.14	27.52	91.99	522.31	-65.08	-11.07	183.40	280.65	537.32
	Radovesice	56.21	-96.76	-63.25	39.93	12.54	223.09	ND	ND	ND	ND	198.47	-
After 312 hours of incubation	Želénky	207.95	-130.26	-38.51	85.48	7.81	37.56	415.90	+77.68	+22.97	101.51	29.38	70.63
	Jirásek	312.32	-128.02	-29.08	74.71	10.19	32.63	433.40	-6.85	-1.56	97.70	37.34	86.16
	Hornojířetinská	463.87	-156.34	-25.21	24.87	18.53	39.64	549.58	-70.63	-11.39	118.14	31.88	58.01
	Lom Most	263.19	-114.11	-3.24	73.29	9.19	34.92	360.84	-16.47	-4.37	125.65	31.04	86.02
	Rudolice	387.99	-199.40	-33.95	73.61	15.54	40.05	467.57	-119.82	-20.40	122.68	36.61	78.29
	Radovesice	63.59	-89.38	-58.43	22.29	8.75	137.60	94.21	-58.76	-34.41	412.29	50.32	534.12

* MB-C: microbial biomass-C content estimated by FE method; EX-C: extracellular-C content; RR: respiration rate; qCO₂: biomass specific respiration rate

** Changes in microbial biomass content related to the initial incubation values (- means decline; + means increase)

ND: non-determined



1. Cumulative $\text{CO}_2\text{-C}$ respired during laboratory incubation of soil samples treated with a) water, b) glucose (0.5% C, based on dry soil matter); coefficient of variance: 6.2 to 7.4%

in control variants in all the soils and the increase in MB-C content could be arranged in the following order (the end of incubation): Želénky > Jirásek > Lom Most > Hornojířetinská > Rudolice > Radovesice. However, in comparison with the initial values, the MB-C content in soils Radovesice, Rudolice and Hornojířetinská significantly decreased even in the glucose amended soil (Tab. IV). Glucose-stimulated increase of MB-C content as related to the initial value was observed in soil samples from Jirásek, Lom Most and particularly in soil from Želénky that was able to maintain newly synthesized biomass until the end of incubation.

Considering the capability of microbial community to survive in laboratory conditions, the worst situation was found in the site Radovesice (Tab. IV) which fully corresponded to conclusions based on estimation of actual values (Tab. III). Extreme conditions in this soil were also responsible for very low mineralization capacity: only 25.88% of added glucose-C was mineralized during 312 hours of incubation (Fig. 1).

Relatively high actual values of microbial biomass determined by FE method in the site Rudolice in comparison with Lom Most was in the contrary to the evaluation of this site using empirical mathematical model. This discrepancy has already been partially explained as a consequence of laboratory procedures. Simple laboratory incubation allowed to quantify very low stability of MB-C in this site. Although the soil from Rudolice mineralized 59.36% of added glucose-C (Fig. 1), MB-C content significantly decreased comparing with the initial value (Tab. IV), even in glucose treated samples. Consistently increased values of biomass specific respiration rate in the sites Radovesice and Rudolice during laboratory incubation without glucose suggested higher maintenance energy requirements of stressed microbial biomass. Lower ability to assimilate easily available organic carbon could be hypothesized for such microbial communities.

On the other hand, addition of organic materials during the reclamation process helped microbial community in the site Lom Most to survive in unsuitable loamy loess and this soil significantly less suffered from incubation treatment than Rudolice (Tab. IV). Microbial community in this soil was able to readily assimilate available organic carbon and mineralization capacity of the soil was also high (64.26% of glucose-C was mineralized; Fig. 1).

Relatively high content of MB-C in site Hornojířetinská appeared to be associated with high respiration activity and with reduced content of EX-C during the laboratory incubation without substrate addition. The same results were obtained in estimation of actual microbial parameters in this soil (Tab. III). However, the capacity of the soil to assimilate available organic carbon appeared to be even lower than in loamy loess from Lom Most (Tab. IV). Low potential to further increase MB-C content in the site Hornojířetinská could be concluded, mainly due to increased maintenance energy and relatively low pool of available organic matter.

Želénky and Jirásek were the reclaimed dumps that fully allowed standard agrotechnical management. Field investigations revealed (particularly at Jirásek) well developed microbial biomass, sufficient respiration activity and prompt potentiation with easily available substrate (Tab. III). Laboratory trials found very good capability of these soils to resist additional stress situation and to assimilate easily available organic carbon. Although the potential mineralization activity was similar in both soils (Fig. 1b), higher respiration activity during incubation without glucose was detected in the case of Jirásek (Fig. 1a), probably as a response to organic substrate released from reduced microbial biomass (Tab. IV).

It has been reported that information provided by only respiration or MB-C measurement may be limited due to great complexity of these parameters (Š a n r ů č k o v á ,

1993). In this study, simultaneous evaluation of parameters like MB-C content, qCO_2 , RR, PR and PR/RR allowed to assess mineralization capacity of studied soils from different viewpoints. Similarly, although the results of laboratory tests could be affected by different experience of studied microbial community and by laboratory procedures, they may help in understanding the mechanisms of influence and may be useful in making prognosis about biological potential of studied soil. On the other hand, the output of the evaluated empirical model took into account a typical situation derived from previous analyses of a wide set of experimental data. The empirical equations then described the situation in soil ecosystem without strict dependence on actual soil conditions.

In conclusion, this short term study showed that both compared approaches are compatible and that the complex investigation allowed to scale reclaimed soils with respect to results of reclamation process. Parameters associated with mineralization activity should therefore be involved in the mathematical model providing an indication of the mineralization capacity and sustainability of tested soil. Further investigation using multivariate modelling techniques based on a reasonable data set is required for construction of such a complex model.

Acknowledgements

This research was supported by the project Ecological hazards, I. Environmental risk assessment (VZ/5200/95) and by the project Environmental risk identification (VaV/340/1/96), Ministry of Environment of Czech Republic.

REFERENCES

ANDERSON, T. H. – DOMSCH, K. H.: Application of ecophysiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.*, 22, 1990: 251–255.
ANDERSON, T. H. – DOMSCH, K. H.: The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on

the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, 25, 1993: 393–395.

BLAGODATSKIIY, S. A. – BLAGODATSKAYA, E. V. – GORBENKO, A. YU. – PANIKOV, N. S.: Regiratacionnyy metod opredeleniya biomasyy mikroorganizmov v počve. (Rehydration technique for microbial biomass determination in soil.) *Počvovedeniye*, 1987 (4): 64–71.

CHANDER, K. – BROOKES, P. C.: Microbial biomass dynamics during the decomposition of glucose and maize in metal-contaminated and non-contaminated soils. *Soil Biol. Biochem.*, 23, 1991: 917–925.

DUŠEK, L. – TESAROVÁ, M.: Microbial biomass and its activity in grassland soils polluted by polychlorinated biphenyls (PCBs). *Biol. Fertil. Soils.*, 22, 1996: 243–247.

NOVÁK, B.: Application of biochemical tests in soil microbiology. Assoc. Prof. Thesis (in Czech). Praha, VŠZ 1965. 162 pp.

PARKINSON, D. – COLEMAN, D. C.: Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass. Microbial communities, activity and biomass. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 34, 1991: 3–33.

POWELSON, D. S. – BROOKES, P. C.: Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19, 1987: 159–164.

RŮŽEK, L.: Bioindication of soil fertility and a mathematical model for restoration assessment. *Restor. Ecol.*, 2, 1994: 112–119.

RŮŽEK, L.: Soil microbial biomass-C and mathematical model for topsoil microbial evaluation. *Rostl. Vyr.*, 41, 1995: 415–422.

ŠANTRŮČKOVÁ, H.: Soil respiration as a measure of soil biological activity. *Rostl. Vyr.*, 39, 1993: 769–778.

TATE, K. R. – ROSS, D. J. – FELTHAM, C. W.: A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Biochem.*, 20, 1988: 329–335.

VANCE, E. D. – BROOKES, P. C. – JENKINSON, D. S.: An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, 19, 1987: 703–707.

ZAR, J. H.: Biostatistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1974.

Received on March 28, 1996

Contact Address:

Dr. Ladislav Dušek, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Česká republika, tel.: 05/41 12 95 82, fax: 05/41 12 95 06, e-mail: dusek@chemi.muni.cz

SPECIATION OF CADMIUM, LEAD AND ZINC IN HEAVILY POLLUTED SOILS

SPECIACE KADMIA, OLOVA A ZINKU V SILNĚ KONTAMINOVANÝCH PŮDÁCH

L. Borůvka¹, S. Křištofková¹, J. Kozák¹, Ch. Huan-Wei²

¹Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

²Beijing Agricultural University, China

ABSTRACT: Speciation of Cd, Pb, and Zn in soils of two areas with different source and level of contamination in the alluvium of the Litavka river was studied in order to assess mobility and availability of metals. Two-step sequential extraction with 0.1M Ca(NO₃)₂ for exchangeable metals and with 0.05M Na₄P₂O₇ for organically bound metals was used. Proportion of fractions was calculated in relation to concentrations extracted with 2M HNO₃. Exchangeable form accounted in average for 33.7–58.7% of Cd, 0.32–9.8% of Pb, and 15.5–23.1% of Zn, respectively. Organic fraction accounted for 1.7–35.4% of Cd, 1.3–22.3% of Pb, and 3.5–22.3% of Zn, respectively. Lower proportion was found in the heavily polluted area. Exchangeable metals were rather homogeneously distributed through the soil profile, organic lead and to a lower extent also cadmium were accumulated in the topsoil. Mobility of studied forms followed order Zn > Cd > Pb. In case of lead, specific sorption was suggested. Proportion of mobile forms in the area moderately polluted was negatively correlated with 2M HNO₃-extractable metal content ($r = -0.749, -0.707$, and -0.704 for Cd, Pb, and Zn, respectively).

heavy metal speciation; cadmium; lead; zinc; exchangeable form; organic form; mobility; soil contamination

ABSTRAKT: V nivě řeky Litavky byla v půdách dvou oblastí s různou úrovní a zdrojem kontaminace studována speciace Cd, Pb a Zn s cílem posoudit mobilitu a přístupnost kovů. Byla použita postupná extrakce výměnných kovů 0,1M Ca(NO₃)₂ a organicky vázaných kovů 0,05M Na₄P₂O₇. Podíl frakcí byl počítán z koncentrací extrahovatelných 2M HNO₃. Výměnná forma zaujímalá 33,7–58,7 % Cd, 0,32–9,8 % Pb a 15,5–23,1 % Zn. Organická frakce činila 1,7–35,4 % Cd, 1,3–22,3 % Pb a 3,5–22,3 % Zn. Nižší procentuální zastoupení sledovaných forem se nacházelo v oblasti silně kontaminované. Výměnné kovy byly poměrně rovnoměrně rozmístěny v půdním profilu, organicky vázané olovo a v menší míře i kadmium byly akumulovány v povrchové vrstvě půdy. Mobilita studovaných forem sledovala pořadí Zn > Cd > Pb; u olova se předpokládá specifická sorpce. Podíl mobilních forem v oblasti mírného znečištění byl v negativní korelaci s obsahem kovů extrahovatelných 2M HNO₃ ($r = -0,749, -0,707$ a $-0,704$ pro Cd, Pb a Zn).

speciace těžkých kovů; kadmium; olovo; zinek; výměnná forma; organická forma; mobilita; kontaminace půdy

INTRODUCTION

Heavy metals in soils represent an important source for their uptake by plants and consequent input into food chain, even if it is only a point contamination. However, total heavy metal content does not indicate the amounts available for plants. For this reason, it is necessary to study the speciation of metals, i.e. to determine amounts of different metal forms (Tessier et al., 1979; Sposito et al., 1982; Förstner, 1993). Metals in soil solution, exchangeable metals and organically bound metals are considered as easily or potentially available (Kabata-Pendias, Pendias, 1992), and represent the most dangerous metal forms for the environment. The most often used method of heavy metal speciation is a sequential extraction with various extractants (Tessier et al.,

1979; Sposito et al., 1982; Ure et al., 1993). Efficiency of extractants is different and the methods are mainly operationally defined. However, their results indicate at least different extractability of heavy metals, and thus allow a rough estimation of heavy metal mobility in soils (Brümmer et al., 1986).

The aim of this study was to determine the proportion and distribution of exchangeable (together with water-soluble) and organically bound fractions of cadmium, lead and zinc in heavily polluted soils in the alluvium of the Litavka river, as influenced by different source of metals and at different level of contamination. The proportion of exchangeable and organic fractions was computed in relation to metal content extractable by 2M HNO₃. This content represent maximum potentially mobilizable amount of metals in soil. From this point of view, it is more effectual in risk

assessment of metal in the environment than total content. The studied area was depicted in our previous works (Kozák et al., 1995; Borůvka et al., 1996). In the latter, the content of metals extractable by 2M HNO₃ was given and the area slightly contaminated mainly by atmospheric deposition and the area heavily polluted with floods of contaminated water were distinguished, representing two different levels of contamination and two different sources of metals.

Statistics

Data were treated with classical statistical methods, namely with *t*-test and correlation and regression analysis, using the software Statgraphics version 5.0. In case that the statistical distribution was strongly skewed, logarithmic transformation was used for calculations.

MATERIAL AND METHODS

Soil sampling

This study was carried out on soil samples collected in the summer 1993 from the alluvium of the Litavka river from 125 sampling sites; 85 belonged to the area contaminated with polluted floods and 29 were influenced by atmospheric deposition as the main source of contamination; 11 sites were excluded from the two groups. The sampling scheme was described by Borůvka et al. (1996).

Speciation procedure

Air-dried 2 mm sieved soil samples were treated with a modified two-step sequential extraction procedure. Samples were extracted with 0.1M Ca(NO₃)₂ at first for exchangeable and water-soluble metal fraction. Suspensions were shaken in centrifuge tubes on reciprocating shaker for one hour and then centrifuged for 30 minutes at 15 000 rpm. Sediments after centrifugation were subsequently extracted in the same way by 0.05M Na₄P₂O₇ (pH 12) for organically bound metal fraction. Ratio solution/soil was 15 : 1 (v/w) for both agents. For details on metal extraction by 2M HNO₃ see Borůvka et al. (1996). Metal contents in all extracts were determined by means of atomic absorption spectrophotometry in air-acetylene flame.

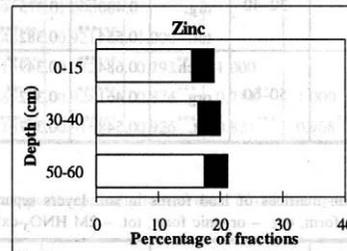
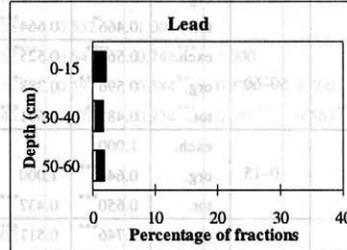
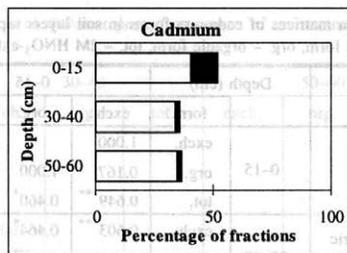
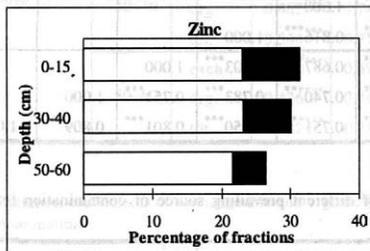
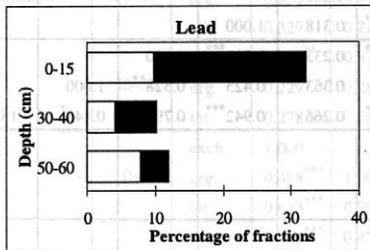
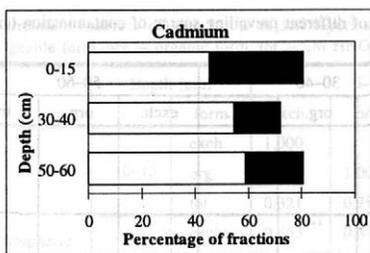
RESULTS AND DISCUSSION

Contents of determined metal fractions were fairly high (Tab. I) and their spatial distribution in topsoils followed approximately distribution of 2M HNO₃-extractable contents (Borůvka et al., 1996). This was due to specific extension of atmospheric deposition and floods of polluted water, respectively. Contents of both exchangeable and organic metal fractions were significantly higher in the contaminated floodplain than in the area influenced only by atmospheric deposition, with exception of exchangeable lead content which was rather independent on 2M HNO₃-extractable content.

In the contrary, the share of determined mobile metal forms on 2M HNO₃-extractable content was lower in the floodplain (Figs 1 and 2). Mean share of exchangeable fraction in the area influenced by atmospheric deposition ranged from 45.3 to 58.7%, 4.1 to 9.8%, and 21.6 to 23.1% for Cd, Pb, and Zn, respectively, and in the floodplain those values were 33.7 to 40.5%, 0.32 to 0.52%, and 15.5 to 17.4%, respectively. Mean share of organic fraction in the area of atmospheric deposition ranged from 17.4 to 35.4%, 4.1 to 22.3%, and 4.7 to 8.4% for Cd, Pb, and Zn, respectively, and in the floodplain we found ranges 1.7 to 11.3%, 1.3 to 1.8%, and 3.5 to 3.7%, respectively. Difference between the two areas was highly significant for organic form of all the three metals and for exchangeable lead. It is not in accordance with findings of other authors (Zhu, Alva, 1993; Ramos et al., 1994), reporting higher percentages of exchangeable metal forms in contaminated soils, but it can be ex-

I. Mean contents of exchangeable and organic metal forms in soil

Source of pollution		Atmospheric deposition		Floods	
Metal	depth (cm)	exchangeable (mg.kg ⁻¹)	organic (mg.kg ⁻¹)	exchangeable (mg.kg ⁻¹)	organic (mg.kg ⁻¹)
Cd	0-15	0.500	0.164	11.211	0.958
	30-40	0.391	0.095	9.826	0.577
	50-60	0.319	0.059	9.182	0.428
Pb	0-15	3.764	16.55	8.329	50.62
	30-40	4.764	19.59	7.357	41.73
	50-60	7.862	15.84	8.025	32.14
Zn	0-15	9.207	3.365	397.9	119.4
	30-40	7.051	2.013	372.6	114.8
	50-60	6.687	2.168	360.8	98.2



1. Share of exchangeable (□) and organic (■) metal fractions in % of 2M HNO₃-extractable content in soils in the area polluted with atmospheric deposition as the main source of contamination (note different scales of x-axes)

2. Share of exchangeable (□) and organic (■) metal fractions in % of 2M HNO₃-extractable content in soils in the area polluted with floods of contaminated water (note different scales of x-axes)

plained by different initial forms of metals originating from different sources, and also by possible saturation of sorption sites at extremely high metal concentrations.

From the data it is clear enough that cadmium was present in the soil mainly in exchangeable form, which can account for more than 50% of 2M HNO₃-extractable cadmium content. For lead, on the contrary, the exchangeable form represented less than 10% in the area of atmospheric deposition and even less than 1% in the area under floods; for this metal, organic form is more important, especially in the topsoil. However, most of lead was present in other forms, probably in the fractions of Fe-Mn oxides and carbonates, as reported in literature (Kozák et al., 1995; Ramos et al., 1994). Fraction of Fe-Mn oxides is reported as prevailing also for zinc, however, also exchangeable and organic zinc forms were found important in the soils under study accounting together for about 20 to 30% of 2M HNO₃-extractable zinc content, which corresponds with findings of Förstner (1993).

In Figs 1 and 2, metal distribution in the soil profile is shown. In the case of exchangeable fraction, there

was no significant difference between the soil layers, which confirmed very high mobility of that form. In case of organic fraction, accumulation of lead in the organic matter in the topsoil, and to a lower extent also accumulation of cadmium, was apparent. For zinc, however, there was no significant difference in the organic fraction content between the layers. It corresponds with the fact that zinc and cadmium tend to form soluble and mobile complexes with organic compounds of low molecular weight, while lead is rather able to form complexes with insoluble humic compounds and to be fixed and immobilised in this way (Angehrn-Bettinazzi et al., 1989).

Correlation matrices of different cadmium fractions in the three soil layers are given in Tab. II. Strong correlation of exchangeable form, and also of organic form in the floodplain, with 2M HNO₃-extractable cadmium content indicate relatively high importance of these forms of cadmium. Easy transport of exchangeable cadmium through the soil profile is expressed by strong correlation of this fraction between soil layers. Organic cadmium was less mobile, with exception of subsoil in the area under floods. High mobility of both

II. Correlation matrices of cadmium forms in soil layers separately for the areas of different prevailing source of contamination (exch. - exchangeable form, org. - organic form, tot. - 2M HNO₃-extractable content)

	Depth (cm)		0-15			30-40			50-60		
	form		exch.	org.	tot.	exch.	org.	tot.	exch.	org.	tot.
Atmospheric deposition	0-15	exch.	1.000								
		org.	0.167	1.000							
		tot.	0.649***	0.460*	1.000						
	30-40	exch.	0.603***	0.464*	0.504**	1.000					
		org.	0.041	0.369*	-0.118	0.446*	1.000				
		tot.	0.466*	0.664***	0.799***	0.738***	0.318	1.000			
	50-60	exch.	0.568**	0.525**	0.625***	0.668***	0.233	0.783***	1.000		
		org.	0.596***	0.388*	0.421*	0.442*	0.363	0.425*	0.528**	1.000	
		tot.	0.482**	0.601***	0.779***	0.765***	0.266	0.942***	0.793***	0.449*	1.000
Floods	0-15	exch.	1.000								
		org.	0.644***	1.000							
		tot.	0.650***	0.437***	1.000						
	30-40	exch.	0.746***	0.511***	0.627***	1.000					
		org.	0.480***	0.375***	0.542***	0.773***	1.000				
		tot.	0.554***	0.382***	0.798***	0.801***	0.816***	1.000			
	50-60	exch.	0.684***	0.349**	0.674***	0.880***	0.687***	0.803***	1.000		
		org.	0.461***	0.362**	0.566***	0.703***	0.740***	0.783***	0.751***	1.000	
		tot.	0.548***	0.367***	0.803***	0.730***	0.751***	0.950***	0.801***	0.809***	1.000

III. Correlation matrices of lead forms in soil layers separately for the areas of different prevailing source of contamination (exch. - exchangeable form, org. - organic form, tot. - 2M HNO₃-extractable content)

	Depth (cm)		0-15			30-40			50-60		
	form		exch.	org.	tot.	exch.	org.	tot.	exch.	org.	tot.
Atmospheric deposition	0-15	exch.	1.000								
		org.	0.235	1.000							
		tot.	-0.303	0.382*	1.000						
	30-40	exch.	0.297	0.394*	0.078	1.000					
		org.	-0.036	0.414*	0.295	0.454*	1.000				
		tot.	-0.256	0.469*	0.706***	0.441*	0.714***	1.000			
	50-60	exch.	-0.032	0.461*	0.187	0.646*	0.353	0.406*	1.000		
		org.	0.024	0.343	0.361	0.461*	0.559**	0.717***	0.380*	1.000	
		tot.	-0.296	0.430*	0.695***	0.403*	0.597***	0.930***	0.414*	0.745***	1.000
Floods	0-15	exch.	1.000								
		org.	0.384***	1.000							
		tot.	0.383***	0.752***	1.000						
	30-40	exch.	0.525***	0.413***	0.394***	1.000					
		org.	0.373***	0.559***	0.519***	0.631***	1.000				
		tot.	0.297**	0.570***	0.798***	0.483***	0.678***	1.000			
	50-60	exch.	0.394***	0.393***	0.433***	0.569***	0.340**	0.383***	1.000		
		org.	0.212	0.357**	0.547***	0.517***	0.626***	0.743***	0.513***	1.000	
		tot.	0.216	0.450***	0.691***	0.409***	0.589***	0.889***	0.394***	0.746***	1.000

exchangeable and organic forms was apparent for zinc (Tab. IV). For this metal, no accumulation could be seen. Organic form of zinc was relatively closer to its 2M HNO₃-extractable content than exchangeable form. Correlation matrices for lead (Tab. III) are different

from those of the other two elements under study. Correlations between layers are quite weak confirming strong accumulation and low mobility of lead in soil.

Tab. V shows correlation coefficients of the forms between metals in topsoil. Exchangeable fractions of

IV. Correlation matrices of zinc forms in soil layers separately for the areas of different prevailing source of contamination (exch. – exchangeable form, org. – organic form, tot. – 2M HNO₃-extractable content)

	Depth (cm)	0-15				30-40			50-60		
		form	exch.	org.	tot.	exch.	org.	tot.	exch.	org.	tot.
Atmospheric deposition	0-15	exch.	1.000								
		org.	0.361	1.000							
		tot.	0.321	0.792***	1.000						
	30-40	exch.	0.853***	0.355	0.219	1.000					
		org.	0.388	0.417	0.260	0.584**	1.000				
		tot.	0.329	0.722***	0.864***	0.308	0.532*	1.000			
	50-60	exch.	0.632**	0.579**	0.570**	0.752***	0.641**	0.746***	1.000		
		org.	0.229	0.285	0.361	0.457*	0.597**	0.584**	0.728***	1.000	
		tot.	0.278	0.762***	0.879***	0.243	0.370	0.934***	0.698***	0.563**	1.000
Floods	0-15	exch.	1.000								
		org.	0.498***	1.000							
		tot.	0.633***	0.908***	1.000						
	30-40	exch.	0.726***	0.477***	0.608***	1.000					
		org.	0.482***	0.742***	0.783***	0.691***	1.000				
		tot.	0.544***	0.752***	0.837***	0.744***	0.921***	1.000			
	50-60	exch.	0.740***	0.598***	0.712***	0.915***	0.772***	0.793***	1.000		
		org.	0.426***	0.701***	0.748***	0.585***	0.928***	0.874***	0.714***	1.000	
		tot.	0.532***	0.733***	0.800***	0.713***	0.916***	0.926***	0.821***	0.908***	1.000

V. Correlation coefficients of exchangeable and organic form between metals in topsoil separately for the areas of different prevailing source of contamination

Relation	Atmospheric deposition		Floods	
	exchangeable	organic	exchangeable	organic
Cd-Pb	-0.137	0.143	0.546***	0.664***
Cd-Zn	0.752***	0.064	0.822***	0.577***
Pb-Zn	0.053	0.595***	0.489***	0.656***

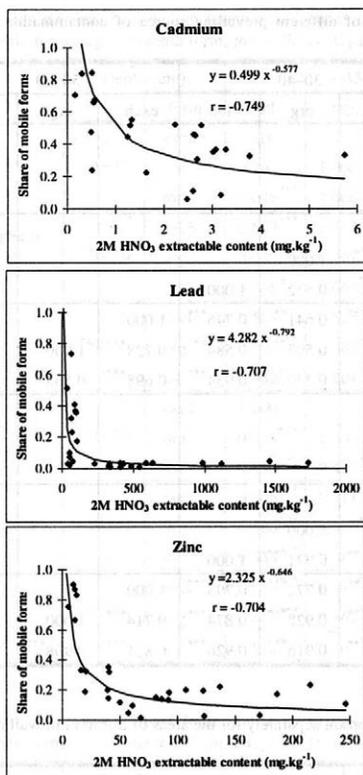
VI. Correlation coefficients between share of metal forms and 2M HNO₃-extractable metal content in topsoil separately for the areas of different prevailing source of contamination

Fraction	Atmospheric deposition			Floods		
	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn
Exchangeable	-0.536**	-0.673***	-0.619***	-0.186	0.063	-0.159
Organic	-0.330	-0.636***	-0.697***	-0.302**	-0.161	0.109
Exchangeable + organic	-0.749***	-0.707***	-0.704***	-0.213	-0.178	-0.237*

cadmium and zinc were strongly correlated in both areas. Organic fraction of lead was correlated with that of zinc, and in area under floods also of cadmium. Particular case represented exchangeable fraction of lead. In the area of atmospheric deposition as the main source of pollution, i.e. under conditions of moderate contamination, no correlation with exchangeable fraction of either cadmium or zinc was found. It can be explained by specific adsorption, which is more important for lead than for the other two metals (B r ü m m e r et al., 1986). After saturation of lead-specific adsorp-

tion sites, the behaviour of lead is also dominated with exchange reactions (S i m s, 1986). This was supposed to be the case of the area heavily polluted with floods, so that correlations of exchangeable lead with other metals were highly significant.

Correlations between the share of mobile forms in the 2M HNO₃-extractable metal content and level of contamination, expressed as the content of 2M HNO₃-extractable metals, showed that in the area of atmospheric deposition that share decreased with increasing 2M HNO₃-extractable metal content (Tab. VI). This



3. Relationship between share of mobile (sum of exchangeable and organic) metal fraction on 2M HNO₃-extractable content and 2M HNO₃-extractable metal content in soil of the area slightly polluted with atmospheric deposition

corresponds with statements of Brümmer et al. (1986) that deficiency of specific adsorption sites, which is inevitable under such a heavy contamination, can be one of the conditions for formation of defined metal compounds. Relation of the share of mobile (sum of exchangeable and organic) fraction and 2M HNO₃-extractable metal content is presented as multiplicative regression (Fig. 3). In the area of heavy pollution weaker correlations were found.

Acknowledgement

This research was partially supported by a grant from the Faculty of Agronomy of the Czech University of Agriculture in Prague.

Contact Address:

Ing. Luboš Borůvka, Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 51, fax: 02/24 38 27 56

REFERENCES

- ANGEHRN-BETTINAZZI, C. – THONI, L. – HERTZ, J.: An attempt to evaluate some factors affecting the heavy metal accumulation in a forest stand. *Int. J. Envir. Anal. Chem.*, 35, 1989: 69–79.
- BORŮVKA, L. – HUAN-WEI, C. – KOZÁK, J. – KRÍŠTOUFKOVÁ, S.: Heavy contamination of soil with cadmium, lead and zinc in the alluvium of the Litavka river. *Rostl. Vyr.*, 42, 1996 (12): 543–550.
- BRÜMMER, G. W. – GERTH, J. – HERMS, U.: Heavy metal species, mobility and availability in soils. *Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkd.*, 149, 1986: 382–398.
- FÖRSTNER, U.: Metal speciation – general concepts and applications. *Int. J. Envir. Anal. Chem.*, 51, 1993: 5–23.
- KABATA-PENDIAS, A. – PENDIAS, H.: Trace elements in soils and plants. 2nd ed. London, CRC Press. Boca Raton Ann Arbor, 1992: 1–70.
- KOZÁK, J. – JANKŮ, J. – JEHLIČKA, J.: The problems of heavily polluted soils in the Czech Republic: A case study. In: SALOMONS, W. – FÖRSTNER, U. – MADER, P. (eds): Heavy metals – problems and solutions. Chapt. 17. Berlin, Springer Verlag 1995: 287–300.
- RAMOS, L. – HERNANDEZ, L. M. – GONZALEZ, M. J.: Sequential fractionation of copper, lead, cadmium and zinc in soils from or near Donana National Park. *J. Envir. Qual.*, 23, 1994: 50–57.
- SIMS, R.: Contaminated surface soils in-place treatment techniques. New Jersey, Noyes Publ. 1986. 536 pp.
- SPOSITO, G. – LUND, L. J. – CHANG, A. C.: Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 46, 1982: 260–264.
- TESSIER, A. – CAMPBELL, P. G. C. – BISSON, M.: Sequential extraction procedure for speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.*, 51, 1979: 844–851.
- URE, A. – QUEVAUVILLER, P. – MUNTAU, H. – GRIEPPINK, B.: Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *Int. J. Envir. Anal. Chem.*, 51, 1993: 135–151.
- ZHU, B. – ALVA, A. K.: Distribution of trace metals in some sandy soils under citrus production. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 57, 1993: 350–355.

Received on September 19, 1996

ZMĚNA KVALITY VODY PŘI PRŮTOKU ÚDOLNÍ NÁDRŽÍ

CHANGE IN THE WATER QUALITY IN FLOWING THROUGH THE VALLEY RESERVOIR

O. Rec, M. Starý

Technical University, Faculty of Civil Engineering, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: Theoretical procedure for drawing up of simulation models of water management systems (VS), particularly those working in longer time (a month) and are dealing only with quantitative side of the problem, is known also for extensive water management systems. Extension of the utilization of these models to model changes in water quality within water management systems is conditioned by solution of principal problems: above all, modelling of changes in water quality when flowing through the water basin. It is necessary that programmed model will work very fast in view of a lot of solved variants. The contribution is dealing with testing of the possibility of utilization of linear regression model for solving of the given problem. It summarizes a part of published results (Rec, Starý, 1995). For drawing up and calibration of regression equations the program STATGRAPHICS, version 6, was used in a standard way. For sets of measured data in discharge and runoff from water basins Vír (1985 to 1994) relevant linear regression equations were made up allowing determination of the values of selected indicators of contamination in runoff from the basin in monthly steps. These are: temperature, solved oxygen, biochemical consumption of oxygen, chemical consumption of oxygen, nitrates, ammonia and phosphates. Graphical comparison of the pattern of model (predicted) and measured values of these indicators (water basin Vír) is in Figs 1 to 7. Patterns show a very good conformity. Numerical expression of this conformity by means of coefficients of determination and standard error of estimate is presented in Tabs I and II. Coefficients of determination are predominantly higher than 0.9. Also standard error of estimate is relatively low. Calibrated regression equations allow to consider temperature dependence of qualitative indicators. In suitable sequence of their utilization they allow to take into consideration mutual bonds between indicators (internal sources and throughs). However, it is evident from the form of these equations that though they are of similar form, they are distinct by some indicators, particularly by the number of input quantities on the right side of equations. This fact is influenced by different form, depth and position of basins, the effect of monitoring and reliability of input data cannot be eliminated. Each basin requires individual making up and calibration of these equations. Results of solution confirm the possibility to use this very simple procedure for the needs of simulation model.

water management system; simulation model; indicators of contamination; linear regression model; coefficient of determination; standard error of estimate

ABSTRAKT: Úspěšné sestavení simulačního modelu vodohospodářské soustavy, pracujícího s delším časovým krokem (jeden měsíc) a umožňujícího modelovat kromě množství i změnu kvality vody, je podmíněno nalezením vztahů mezi množstvím a kvalitou vody na přítocích a odtocích z nádrží. Je popsána možnost užití lineárního regresního modelu pro řešení tohoto problému. Navržený postup je aplikován na vodní nádrže Vír (1985 až 1994) a Brno (1993 až 1994). Modelované a měřené průběhy ukazatelů znečištění jsou graficky srovnány a vykazují velmi dobrou shodu. Číselně je tato shoda posouzena pomocí koeficientů determinace, které jsou převážně vyšší než 0,9, a směrodatných chyb odhadu, které jsou relativně nízké. Dosažené výsledky potvrzují vhodnost navrženého přístupu. Okalibrované regresní rovnice umožňují respektovat teplotní závislost mezi ukazateli znečištění a brát v úvahu i jejich vzájemné vazby, tj. vnitřní zdroje a propady.

vodohospodářská soustava; simulační model; ukazatele znečištění; lineární regresní model; koeficient determinace; směrodatná chyba odhadu

ÚVOD

V rámci využití povrchových vodních zdrojů se zřetelem na jejich ochranu a zlepšení kvality vod je třeba řešit komplexně řadu úloh. Ve stávajících velkých povodích se tyto úkoly řeší v rámci vodohospodářských soustav (VS). Každá VS má svoje dynamické (přenosové) vlastnosti, které při daném způsobu řízení odtoku jednoznačně určují vztah mezi vstupními a výstupními

veličinami. To platí jak pro kvantitativní, tak i kvalitativní ukazatele. Přitom změna jakéhokoliv prvku soustavy (např. dlouhodobého čistícího efektu ČOV, způsobu řízení odtoků z nádrží), ale i vazeb mezi prvky nutně vede ke změně těchto přenosových vlastností. Pro úspěšné sestavení simulačního modelu, respektujícího jak kvantitativní, tak i kvalitativní změny průtoku vody v rámci VS, je třeba znát a umět matematicky popsat přenosové vlastnosti pro jednotlivé úseky toků

i pro vodní nádrže. Zatímco základní rovnice, popisující tok vody úseky toků a změnu kvality vody v úsecích toků, jsou známy a jsou úspěšně použity v používaných programových systémech např. QUAL2E (Brown, 1987), matematický popis změny kvality vody při průtoku nádržemi je často problematický. Příspěvek se zabývá možností využití lineárního regresního modelu pro popis těchto změn s časovým krokem jeden měsíc. Tato velikost časového kroku je běžně užívaná v simulačních modelech respektujících pouze kvantitativní stránku řešeného problému. Navržený přístup byl aplikován na vodní nádrži Vir a Brno. Získané výsledky ukazují cestu možného rozšíření simulačního modelu i na oblast kvality vody.

MATERIÁL A METODA

LINEÁRNÍ REGRESNÍ MODEL

Pro popis změny kvality vody při průtoku nádrží s časovým krokem jeden měsíc (průměrné měsíční hodnoty) byl použit lineární regresní model ve tvaru:

$$Y_i = a_0 + a_1 X_{1i} + a_2 X_{2i} + \dots + a_p X_{pi} \quad (1)$$

kde: Y – výsledná předpovězená hodnota ukazatele znečištění

a_0 až a_p – neznámé regresní koeficienty

X_1 až X_p – vstupní veličiny modelu

i – pořadí měsíce

Pro použití regresního modelu je třeba mít k dispozici dostatečné množství měřených dat. V našem případě to znamenalo mít k dispozici řady průměrných měsíčních přítoků a odtoků z nádrží a jejich teplot, řady průměrných měsíčních plnění nádrží a řady koncentrací uvažovaných druhů znečištění. Použitá vstupní data pro nádrž Vir (1985 až 1994) byla získána od správce Povodí Moravy.

Pro určení regresních koeficientů v rovnici (1) byl použit program STATGRAPHICS v. 6 standardním způsobem. Jako vstupní veličina v rovnici (1) byla programu vždy nabídnuta řada jak kvantitativních veličin popisujících tok vody nádrží, tak i kvalitativních ukazatelů znečištění majících vliv na řešený cyklus kyslíku, dusíku, resp. fosforu. Tyto ukazatele byly nabídnuty jak pro řešený časový krok, tak i s jedno-, dvou- a tříměsíčním předstihem. Program si na základě F -testů v automatickém režimu vybral ty, které měly největší vliv na výstupní veličinu, a provedl výpočet regresních koeficientů. Rec, Starý (1995) podrobně popisují nabídnuté a ponechané ukazatele. Dále uvádějí podrobné zhodnocení předpovězených průběhů těchto veličin.

NUMERICKÁ ANALÝZA

Pro uvažované nádrže byly vybrány tyto veličiny, pro něž byly sestaveny odpovídající regresní rovnice:

1. Teplota vody [$^{\circ}\text{C}$]
2. Rozpuštěný kyslík [mg/l]
3. Biochemická spotřeba kyslíku [mg/l]
4. Chemická spotřeba kyslíku [mg/l]
5. Amoniak [mg/l]
6. Dusičnany [mg/l]
7. Fosforečnany, resp. celkový fosfor [mg/l]

Pro nádrž Vir byl vstupním profilem odběrný profil Dalečín a výstupním profilem vývar (odtok z nádrže). Pro nádrž Brno byl vstupním profilem odběrný profil Veverská Bítýška a výstupním profilem oddálený profil v Komině.

Vstupem řešení byly výsledky chemických rozborů odebraných vzorků vody z příslušných profilů s frekvencí jeden měsíc, získaných od Povodí Moravy. Pro nádrž Vir byly k dispozici řady příslušných veličin za období 1985 až 1994. Pro nádrž Brno pak za období 1993 až 1994.

PŘEHLED OKALIBROVANÝCH REGRESNÍCH ROVNIC

Nádrž Vir (vývar)

1. Teplota vody
 $T = 0,07317.V + 0,18346.dtep + 0,53863.vtep_1$
2. Rozpuštěný kyslík
 $RO = 0,07317.V + 0,28122.dro + 0,44724.vro_1 + 0,077636.dq - 0,22404.vtep$
3. Biochemická spotřeba kyslíku
 $BSK_5 = 0,04562.dro + 0,02619.vq + 0,63621.vbsk_1$
4. Chemická spotřeba kyslíku
 $CHSK = 0,36583.dro + 0,63443.vchsk_1$
5. Amoniak
 $NH_4^+ = 0,01113.dro + 0,05425.dnh4 + 0,43372.vnhk_1$
6. Dusičnany
 $NO_3^- = 0,15954.dtep + 0,61686.dno3 + 0,30468.vno3_1$
7. Fosforečnany
 $PO_4^{3-} = -0,00125.V + 0,00701.dro + 0,03530.dpo4 + 0,46766.vpo4_1$

Nádrž Brno (Komin)

1. Teplota vody
 $T = 0,66204.btep + 0,42067.ktep_1$
2. Rozpuštěný kyslík
 $RO = 0,84175.bro + 0,11801.bq_1$
3. Biochemická spotřeba kyslíku
 $BSK_5 = 0,13049.V + 0,23642.bbsk_1$
4. Chemická spotřeba kyslíku
 $CHSK = 1,34964.kro + 0,77351.ktep$
5. Amoniak
 $NH_4^+ = 0,03804.bro$

6. Dusičnany

$$\text{NO}_3^- = 0,39704.\text{bno3}_1 + 0,43010.\text{bno3}$$

7. Celkový fosfor

$$\text{Celk. P} = 0,012424.\text{bro}_1 - 0,00764.\text{bq}_1 + 0,32035.\text{bcelp}$$

Použitá symbolika

- V – plnění nádrže na konci měsíce [mil. m³]
 RO – rozpuštěný kyslík [mg/l]
 q – průtok [m³/s]
 T – teplota [°C]
 BSK – biochemická spotřeba kyslíku [mg/l]
 NH₄⁺ – amoniak [mg/l]
 NO₃⁻ – dusičnany [mg/l]
 PO₄³⁻ – fosforečnany [mg/l]
 CHSK – chemická spotřeba kyslíku [mg/l]
 _1 – předchozí údaj posunutý o 1 měsíc (např. ro_1)
 _2 – předchozí údaj posunutý o 2 měsíce (např. ro_2)

Význam prvního písmene (kromě plnění nádrže V):

- d – odběrný profil Dalečín (přítok do vírské nádrže)
 v – odběrný profil Vír – vývar (odtok z vírské nádrže)
 b – odběrný profil Veverská Bítýška (přítok do brněnské nádrže)
 k – odběrný profil Komín (odtok z brněnské nádrže)

Přiklady

- d_{ro_1} : rozpuštěný kyslík, předchozí údaj posunutý o 1 měsíc, odběrný profil Dalečín [mg/l]
 b_{bsk} : biochemická spotřeba kyslíku v odběrném profilu Veverská Bítýška [mg/l]

Výsledky řešení jsou vzhledem k rozsahu uvedeny graficky pouze pro nádrže Vír na sérii obr. 1 až 7. Pro nádrž Brno jsou tyto výsledky obdobné. Stručně statistické zhodnocení předpovězených průběhů je uvedeno v tab. I a II. V nich je koeficient determinace uveden v nekorigovaném tvaru. Směrodatná odchylka (směrodatná chyba odhadu) je konstruována ze souboru rozdílů modelovaných a měřených hodnot (absolutní hodnoty). U každé předpovězené veličiny je redukována s ohledem na příslušný počet stupňů volnosti, které se vztahují k jednotlivým zdrojům variability.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z hlediska účelu, pro který byla analýza daného problému provedena, je možno konstatovat následující. Dosažené výsledky dokumentují vhodnost užití lineárního regresního modelu pro modelování změny kvality vody při průtoku nádrží s časovým krokem jeden měsíc. Tato skutečnost plyne jednak z grafického srovnání měřených a předpovězených průběhů řešených veličin, jednak z hodnot koeficientů determinace, které jsou nečekaně vysoké (převážně větší než 0,9), přičemž program STATGRAPHICS si z nabízených vstupních ve-

I. Nádrž Vír – Water basin Vír

Ukazatel znečištění vody ¹	Koeficient determinace ² (R ²)	Směrodatná odchylka ³ (σ)
Teplota ⁴	0,943	1,541
Rozpuštěný kyslík ⁵	0,977	1,397
BSK ₅	0,940	0,459
CHSK	0,935	3,183
NH ₄ ⁺	0,862	0,121
NO ₃ ⁻	0,982	2,418
PO ₄ ³⁻	0,852	0,044

¹indicator of water contamination, ²coefficient of determination, ³standard deviation, ⁴temperature, ⁵solved oxygen

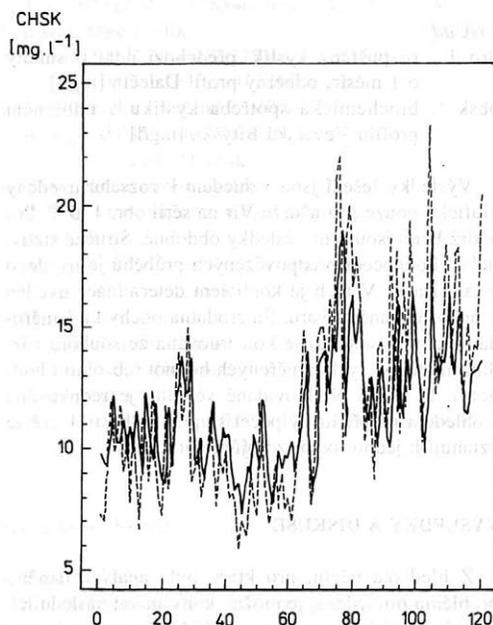
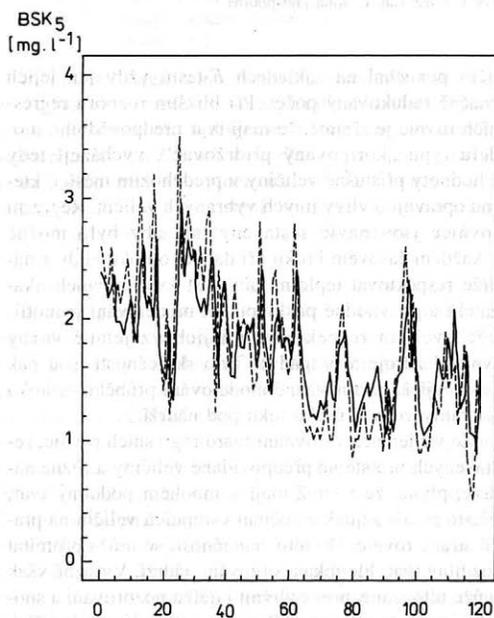
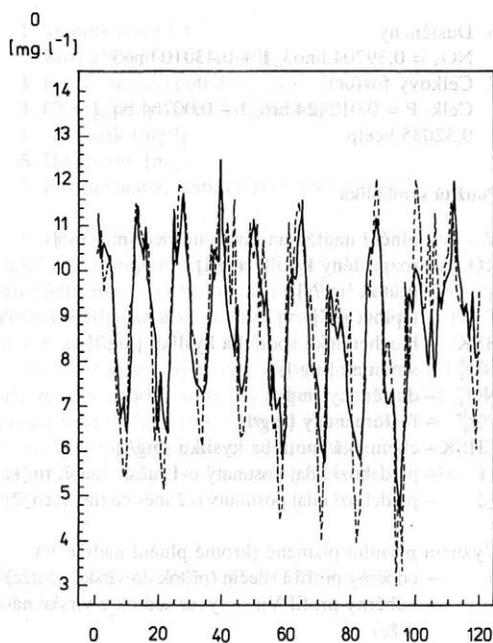
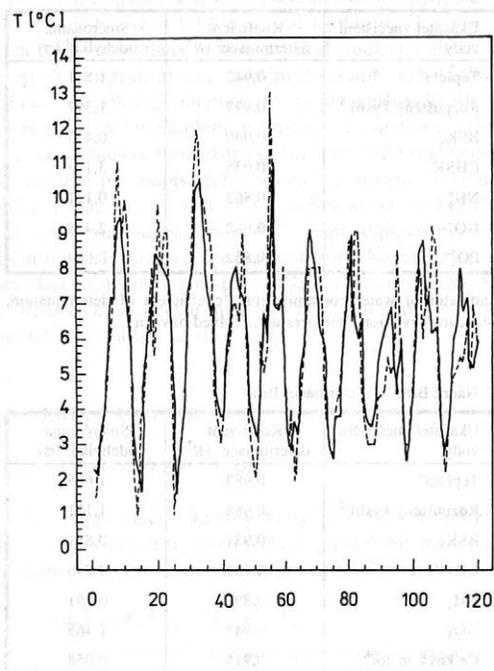
II. Nádrž Brno – Water basin Brno

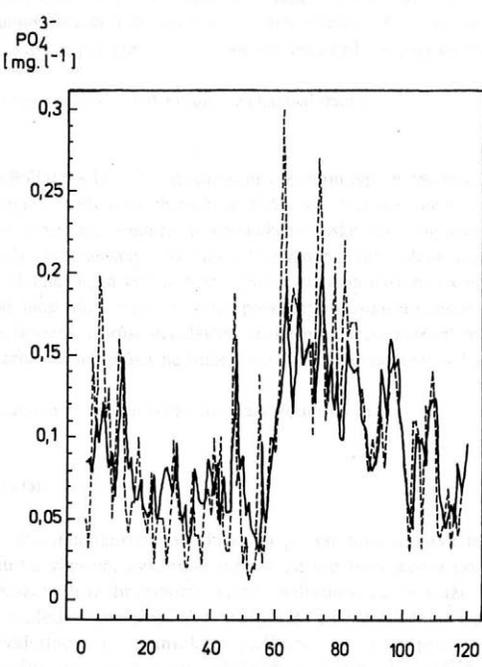
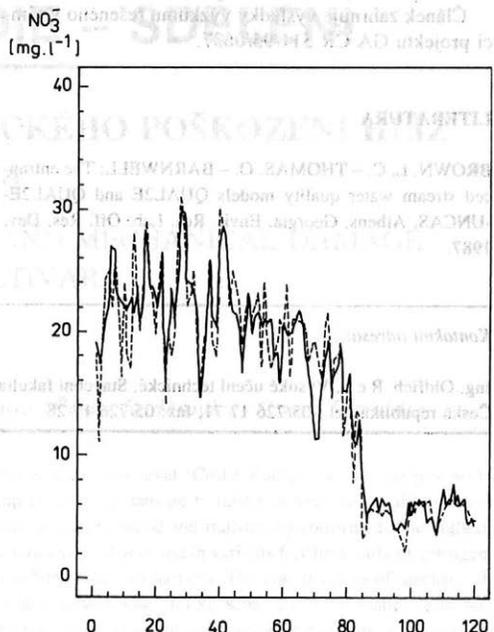
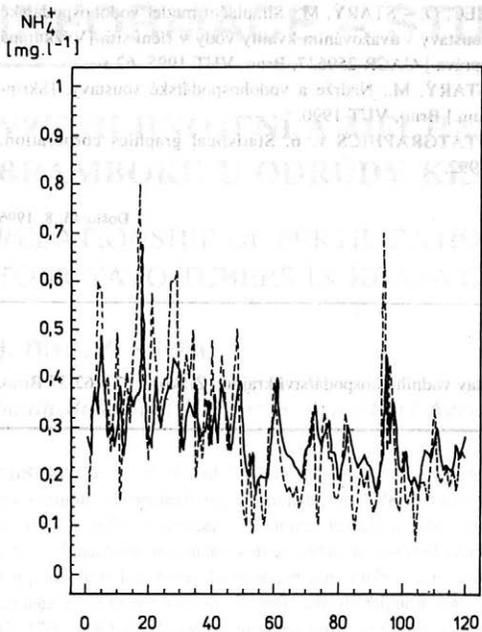
Ukazatel znečištění vody ¹	Koeficient determinace ² (R ²)	Směrodatná odchylka ³ (σ)
Teplota ⁴	0,983	1,685
Rozpuštěný kyslík ⁵	0,988	1,171
BSK ₅	0,931	0,881
CHSK	0,951	4,946
NH ₄ ⁺	0,893	0,151
NO ₃ ⁻	0,947	1,465
Celkový fosfor ⁶	0,915	0,058

For 1–5 see Tab. I, ⁶total phosphorus

ličín ponechal na základech *F*-testů vždy jen jejich značně redukovany počet. Při bližším rozboru regresních rovnic je zřejmé, že mají tvar předpovědního modelu typu „korigovaný přidržovač“, vycházejí tedy z hodnoty příslušné veličiny v předchozím měsíci, kterou opravují o vlivy jiných vybraných veličin. Regresní rovnice jsou navíc sestaveny tak, aby bylo možné v každém časovém kroku při daném odtoku vody z nádrže respektovat teplotní závislost kvalitativních ukazatelů a při vhodné posloupnosti modelování jednotlivých veličin respektovat i jejich vzájemné vazby (vnitřní zdroje a propady). Tyto skutečnosti jsou pak postačující i pro návazné modelování průběhu průtoku a kvality vody v úseku toku pod nádrží.

Ze vzájemného srovnání tvarů regresních rovnic, sestavených pro stejné předpovědané veličiny a různé nádrže, plyne, že i když mají v mnohém podobný tvar, přesto se liší zejména počtem vstupních veličin na pravé straně rovnice. Do této skutečnosti se může promítnat rozdílný tvar, hloubka a situování nádrží. Výrazně však může tuto skutečnost ovlivnit i délka pozorování a spolehlivost vstupních dat. Pro přijetí jednoznačnějších závěrů v této oblasti by bylo třeba pokračovat v další analýze problému. Zejména mít k dispozici vstupní data stejné délky za stejná období. Pro případné zobecnění závěrů by bylo vhodné rozšířit analýzu i na další nádrže obdobného typu. Z dosud získaných výsledků však je zřejmé, že každá nádrž vyžaduje individuální sestavení a kalibraci příslušných regresních rovnic.





1.-7. Grafické srovnání průběhů modelových (předpovězených) a měřených hodnot vybraných ukazatelů znečištění na odtoku z nádrže – Graphical comparison of discharges of modelled (predicted) and measured values of selected indicators of contamination in runoff from the basin

— předpověď – prediction
 --- měření – measurement
 osa x: měsíce (1985 až 1994) – x axis: months (1985 to 1994)

Článek zahrnuje výsledky výzkumu řešeného v rámci projektu GA ČR 511/95/0637.

LITERATURA

BROWN, L. C. – THOMAS, O. – BARNWELL: The entranced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS. Athens, Georgia, Envir. Res. Lab. Off. Res. Dev. 1987.

REC, O. – STARÝ, M.: Simulační model vodohospodářské soustavy s uvažováním kvality vody v říční síti. [Výzkumná zpráva.] GAČR 250637, Brno, VUT 1995. 62 s.

STARÝ, M.: Nádrže a vodohospodářské soustavy. [Skriptum.] Brno, VUT 1990.

STATGRAPHICS v. 6. Statistical graphics corporation, 1992.

Došlo 15. 8. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Oldřich Rec, Vysoké učení technické, Stavební fakulta, Ústav vodního hospodářství krajiny, Žižkova 17, 662 37 Brno, Česká republika, tel.: 05/726 17 71, fax: 05/726 17 28

VZTAH HNOJENÍ A MECHANICKÉHO POŠKOZENÍ HLÍZ BRAMBORU U ODRŮDY KRASA

RELATIONSHIP OF FERTILIZATION AND MECHANICAL DAMAGE TO POTATO TUBERS IN KRASA CULTIVAR

J. Diviš, Z. Štěrbá

South Bohemian University, Faculty of Agriculture, České Budějovice, Czech Republic

ABSTRACT: In 1991 and 1992 in potato-growing region at 380 m above sea level (České Budějovice) on the plot with good supply of nutrients the relationship of NPK fertilization and mechanical damage to tubers in very early table variety Krasa. Dependence between mechanical damage to tubers and fertilization was found and statistically confirmed. The highest values of mechanical damage were found in unfertilized variant by mineral fertilizers and in variants fertilized only by nitrogen and potassium. Lower mechanical damage of tubers was achieved in NPK fertilized variants. The lowest values of mechanical damage were then found in variants with the highest potassium rate (variants with $360 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$) in combination with 40, 80, 120 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Growing nitrogen rates up to $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ did not bring increased occurrence of mechanical damage to tubers. The favourable effect of phosphorus on reduction of susceptibility of tubers to mechanical damage based on comparison with variants of one-sidedly fertilized with nitrogen and potassium. Balanced NPK nutrition in potato is a factor which along with other factors modifies susceptibility of varieties to mechanical damage. Significant reduction of mechanical damage at higher temperature of tubers was recorded compared with temperature of $4.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

potatoes; NPK fertilization; mechanical damage

ABSTRAKT: V bramborářském výrobním typu v 380 m n. m. (České Budějovice) byl v letech 1991 a 1992 sledován vztah hnojení NPK a mechanického poškození hlíz u velmi rané konzumní odrůdy Krasa. Byla zjištěna a statisticky potvrzena závislost mezi stupněm mechanického poškození a hnojením. Nejvyšší hodnoty přepočteného mechanického poškození hlíz byly zaznamenány u variant jednostranně hnojených dusíkem a draslíkem a u varianty nehnojené (kontrola). U všech ostatních hnojených variant byla zjištěna vyšší odolnost hlíz k mechanickému poškození. Vyšší dávky draslíku příznivě ovlivnily odolnost hlíz k mechanickému poškození. V pokusu se projevil příznivý vliv fosforu na snížení citlivosti hlíz k mechanickému poškození. Narůstající dávka dusíku nepřinesla zvýšení mechanického poškození hlíz. Při vyšší teplotě hlíz ($9 \text{ }^\circ\text{C}$) bylo zaznamenáno průkazné snížení mechanického poškození v porovnání s teplotou $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

brambory; hnojení NPK; mechanické poškození

ÚVOD

Při mechanizované sklizni a posklizňové úpravě je nutné věnovat zvýšenou pozornost mechanickému poškození hlíz bramborů, které znehodnocuje okamžitě i následně značnou část úrody (Břečka, 1992). Ve výsledném mechanickém poškození hlíz se projeví podmínky pěstování, sklizeň a citlivost odrůdy. Gluska et al. (1988) na základě pokusů s 39 odrůdami uvádějí, že citlivost k mechanickému poškození je odrůdovým znakem, který je modifikován agrotechnickými faktory.

Hnojení NPK patří mezi nejvýznamnější pěstitelské faktory. U dusíku se uvádí, že jeho zvýšené dávky se

mohou negativně projevit v odolnosti k mechanickému poškození. Odpovídá to údajům, které uveřejnil Benkestein (1988). Citovaný autor zaznamenal zhoršení odolnosti bramborových hlíz k mechanickému poškození při převládající výživě dusíkem. Toto hodnocení vychází spíše z nevyrovnané jednostranné výživy dusíkem, kdy dusík prodlužuje vegetační dobu, hlízy jsou nezvzále a náchylné k mechanickému poškození. Napak Zádina (1983) nezjistil zvýšenou náchylnost hlíz k mechanickému poškození se zvýšenou dávkou dusíku. Votoupal et al. (1982) při různých hladinách hnojení zaznamenali, že vlivem živin (N, P, K, Mg, Ca) se zvýšila odolnost hlíz k mechanickému poškození. Působením vyrovnané výživy fosforem (Mí-

I. Srážkové a teplotní poměry – Precipitation and temperature conditions

Rok ¹	1991		1992		Průměr 50 let ²	
Hodnota ³	za rok ⁴	za vegetaci ⁵	za rok	za vegetaci	za rok	za vegetaci
Srážky ⁶ (mm)	464,2	328,4	527,8	308,4	620,0	427,0
Teplota ⁷ (°C)	9,39	16,07	9,50	15,64	7,8	13,8

¹year, ²average of 50 years, ³value, ⁴for year, ⁵for vegetation, ⁶precipitation, ⁷temperature

č a, 1992) a draslíkem (Míča, 1989) dochází ke zvýšení odolnosti hlíz vůči mechanickému poškození. Wirsing, Horneburg (1994) naopak v podmínkách nedostatku draslíku a dusíku našli nejvyšší poškození hlíz, nejnižší pak při plném hnojení NPK.

MATERIÁL A METODA

Pokus byl založen v Českých Budějovicích v bramborářském výrobním typu v nadmořské výšce 380 m n. m. v letech 1991 a 1992. Srážkové a teplotní poměry jsou uvedeny v tab. I. Půda na pokusném pozemku je charakterizována jako typ půda oglejená, druh hlinitopísčité, středně hlubokého charakteru, dobře zpracovatelná. Pědochemické podmínky jsou uvedeny v tab. I.

K pokusům byla v obou letech použita odrůda Krasa (Sativa, Kečkov) jako velmi raná, konzumní odrůda, s dosti rychlým počátečním růstem natě. Středně velké a větší kulovitooválné hlízy s mělkými očky jsou středně až méně odolné k mechanickému poškození, dosti odolné k obecné strupovitosti.

Pokus s diferencovaným hnojením byl založen metodou náhodně zvolených bloků, ve čtyřech opakováních. V obou pokusných letech (1991 a 1992) bylo zvoleno 14 variant hnojení (tab. III).

K zjišťování odolnosti hlíz u odrůdy Krasa proti mechanickému poškození bylo použito odrazové kyvadlo (Gall et al., 1967). K testování byly vybrány hlízy velikosti 60 až 70 mm a úderná hlavice o hmotnosti 300 g. Testování proběhlo při teplotách 4,5 a 9 °C.

Podle zaznamenaného počtu úderů potřebných k proražení hlízy bylo stanoveno odpovídající přepočtené poškození (tab. IV) a provedeno rozdělení do skupin (např. 21 až 30). Pro přepočet koeficientem bylo použito vždy nejvyšší číslo skupiny (30), přičemž v tab. IV lze nalézt k tomuto číslu odpovídající hodnotu přepočteného poškození (3,2). Hodnota přepočteného poškození u každé varianty byla získána součtem hodnot přepočteného poškození pěti hlíz a podle tab. V byl určen stupeň odolnosti. Získané údaje byly statisticky vyhodnoceny pomocí počítačového programu STATGRAPHICS analýzou rozptylu a testem nejmenších čtvercových odchylek (LSD) (tab. VIII až XI).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hlízy použité k testu na odolnost vůči mechanickému poškození byly po sklizni čtyři týdny usklad-

II. Pědochemické podmínky – Pedological and chemical conditions

Rok ¹	pH/KCl	P	K	Mg	C _{ox}
		mg.kg ⁻¹			%
1991	6,5	63,0	200,0	93,0	1,1
1992	6,6	73,0	166,0	109,5	1,21

¹year

III. Varianty hnojení – Variants of fertilizing

Varianta ¹	Dávka ² (kg.ha ⁻¹)			
	N	P	K	Mg
1	-	-	-	-
2	-	35	60	-
3	80	35	60	-
4	80	35	180	-
5	80	35	360	-
6	120	35	60	-
7	120	35	180	-
8	120	35	360	-
9	40	35	60	-
10	40	35	180	-
11	40	35	360	-
12	40	-	-	-
13	-	-	180	-
14	80	35	180	100

¹variant, ²rate

IV. Hodnoty přepočteného poškození – Values of mechanical damage

Počet úderů ¹	Koeficient ²	Přepočtené poškození ³
1	10	10
2	4	8
3	2,26	6,78
5	1,3	6,5
7	0,79	5,5
10	0,5	5,0
15	0,3	4,5
20	0,2	4,0
30	0,11	3,2
40	0,06	2,4
60	0,03	1,8
80	0,015	1,2
100	0,009	0,9
160	0,00037	0,006

¹number of strokes, ²coefficient, ³calculated damage

něny. Před testem byly hlízy kondicionovány na teplotu 4,5 a 9 °C.

Při testaci citlivosti hlíz k mechanickému poškození byl prokázán statisticky vysoce významný vliv teploty (tab. VIII). Vyšší hodnoty mechanického poškození byly zjištěny při teplotě 4,5 °C v porovnání s výsledky získanými při teplotě 9 °C. Odpovídá to doporučením z literatury (R y b á ě k , 1988) manipulovat s hlízami kondicionovanými na 8 až 10 °C, přičemž při sklizni by teplota hlíz neměla klesnout pod 8 °C (VÚB, 1990).

Potvrdilo se, že odrůda Krasa patří mezi odrůdy s vyšší citlivostí k mechanickému poškození. Hodnocením vztahu různé hladiny hnojení NPK a úrovně me-

V. Stupeň odolnosti hlíz při použití 300g úderné hlavičky – Degree of potato resistance at use of 300g striking head

Součet přepočteného poškození 5 hlíz ¹	Hodnocení odolnosti ²	Stupeň odolnosti ³
1–15	vysoce odolný ⁴	5
16–20	odolný ⁵	4
21–25	slabě odolný ⁶	3
26–30	náchylný ⁷	2
> 30	silně náchylný ⁸	1

¹sum of mechanical damage to 5 tubers, ²evaluation of resistance, ³degree of resistance, ⁴highly resistant, ⁵resistant, ⁶little resistant, ⁷susceptible, ⁸highly susceptible

VI. Přepočtené poškození a stupeň odolnosti při 4,5 °C – Mechanical damage and degree of resistance at 4,5 °C

Varianta ¹	Přepočtené poškození ²				Stupeň odolnosti ³		
	1991	1992	\bar{x}	%	1991	1992	\bar{x}
1	42,39	34,70	38,55	100	1	1	1
2	41,14	33,59	37,37	96,9	1	1	1
3	40,42	32,42	36,42	94,5	1	1	1
4	37,67	33,28	35,48	92,0	1	1	1
5	36,42	32,14	34,28	88,9	1	1	1
6	37,81	34,92	36,37	94,4	1	1	1
7	37,78	35,14	36,46	94,6	1	1	1
8	36,89	31,64	34,27	88,9	1	1	1
9	36,81	33,17	34,99	90,8	1	1	1
10	36,06	35,31	35,69	92,6	1	1	1
11	38,06	33,45	35,76	92,8	1	1	1
12	35,45	35,17	35,31	91,6	1	1	1
13	42,03	32,17	37,10	96,2	1	1	1
14	34,84	32,17	33,51	86,9	1	1	1

¹variant, ²mechanical damage, ³degree of resistance

VII. Přepočtené poškození a stupeň odolnosti při 9 °C – Mechanical damage and degree of resistance at 9 °C

Varianta ¹	Přepočtené poškození ²				Stupeň odolnosti ³		
	1991	1992	\bar{x}	%	1991	1992	\bar{x}
1	34,14	32,53	33,34	100	1	1	1
2	32,00	33,17	32,59	97,8	1	1	1
3	31,53	31,39	31,46	94,9	1	1	1
4	32,78	29,64	31,21	93,6	1	2	1
5	31,17	29,89	30,53	91,6	1	2	1
6	29,50	31,81	30,66	92,0	2	1	1
7	31,25	30,89	31,07	93,2	1	1	1
8	28,00	30,00	29,00	87,0	2	2	2
9	32,03	31,92	31,98	95,9	1	1	1
10	30,53	32,56	31,55	94,6	1	1	1
11	29,50	28,50	29,00	87,0	2	2	2
12	33,92	34,56	34,24	102,7	1	1	1
13	32,56	35,45	34,01	102,0	1	1	1
14	31,64	33,67	32,66	98,0	1	1	1

¹variant, ²mechanical damage, ³degree of resistance

VIII. Statistické hodnocení; analýza rozptylu – The evaluation of variability; variance analysis

	Součet čtverců ⁴		Stupně volnosti ⁵		Průměrný čtverec ⁶		F-vypočítané ⁷		Hodnota statistické významnosti ⁸	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992
Varianta ¹	147,0809	108,4103	13	13	11,3139	8,3393	3,557	3,050	0,0010	0,0014
Teplota ²	620,7120	56,1403	1	1	620,7120	56,1403	195,143	10,267	0,0000	0,0001
Opakování ³	13,8405	1,0789	1	1	13,8404	1,0789	4,351	0,395	0,0534	0,5387

Hodnota statistické významnosti – The value of statistical significance:

< 0,01 = rozdílly statisticky vysoce významné – differences statistically highly significant

0,01–0,05 = rozdílly statisticky významné – differences statistically significant

> 0,05 = rozdílly statisticky nevýznamné – differences statistically insignificant

¹variant, ²temperature, ³repetition, ⁴sum of squares, ⁵degree of freedom, ⁶average square, ⁷F-calculated, ⁸value of statistical significance

IX. Průkaznost při hladině 35 kg P.ha⁻¹ a 60 kg K.ha⁻¹ – Significance at level 35 kg P.ha⁻¹ and 60 kg K.ha⁻¹

Varianta	1991					1992				
	1	2	9	3	6	1	2	9	3	6
1		0	++	0	++		0	0	0	0
2			0	0	+			0	0	0
9				0	0				0	0
3					0					0
6										0
Průměr variant – The average of variants										
	1 – 38,265					1 – 33,550				
	2 – 36,570					2 – 33,513				
	9 – 34,420					9 – 32,550				
	3 – 35,975					3 – 31,660				
	6 – 33,655					6 – 32,957				

Vysvětlivky k tab. IX až XI – Explanations to Tabs IX to XI:

+ rozdílly statisticky významné – differences statistically significant

++ rozdílly statisticky vysoce významné – differences statistically highly significant

0 rozdílly statisticky nevýznamné – differences statistically insignificant

X. Průkaznost při hladině 35 kg P.ha⁻¹ a 180 kg K.ha⁻¹ – Significance at level 35 kg P.ha⁻¹ and 180 kg K.ha⁻¹

Varianta	1991				1992			
	1	10	4	7	1	10	4	7
1		++	+	++		0	+	0
10			0	0			0	0
4				0				0
7								
Průměr variant – The average of variants								
	1 – 38,265				1 – 33,550			
	10 – 33,295				10 – 33,133			
	4 – 35,225				4 – 31,280			
	7 – 34,515				7 – 31,760			

chanického poškození hlíz u této odrůdy bylo zjištěno, že jednostranná aplikace dusíku (varianta 12) a draslíku (varianta 13) výrazně zvýšila citlivost hlíz k mechanickému poškození (tab. VII). U varianty bez minerálního hnojení (kontrola) byl zaznamenán rovněž výrazný nárůst citlivosti hlíz k mechanickému poško-

zení (tab. VI a VII). Statistickým hodnocením byla prokázána vysoká statistická průkaznost rozdílů mezi variantami (tab. VIII).

U variant s nejvyšší dávkou draslíku (360 kg K.ha⁻¹ v kombinaci se 40, 80, 120 kg N.ha⁻¹) byly zjištěny nejnižší hodnoty mechanického poškození v porovnání

Varianta	1991				1992			
	I	II	5	8	I	II	5	8
I		++	++	++	++	++		++
II			0	0			0	0
5				0				0
8								
Průměr variant – The average of variants								
	I – 38,265				I – 33,550			
	II – 33,780				II – 30,947			
	5 – 33,795				5 – 30,973			
	8 – 32,445				8 – 30,463			

se všemi ostatními variantami (tab. VI a VII). Rozdíly mezi těmito variantami a kontrolou byly statisticky výsoce průkazné v obou letech (tab. XI). Pokus potvrdil příznivý vliv draslíku na zvýšení odolnosti hlíz k mechanickému poškození, které uvádí též Míča (1989).

Při hodnocení vlivu narůstající dávky dusíku při uplatnění hnojení fosforem a draslíkem nebyl zjištěn nárůst mechanického poškození hlíz, ale naopak byly zaznamenány nižší hodnoty, které byly statisticky průkazné ve srovnání s kontrolou v závislosti na dávce aplikovaného draslíku (tab. IX až XI). Shodné výsledky uvádí také Zádina (1983), který rovněž nezaznamenal nárůst mechanického poškození hlíz se zvyšující se dávkou dusíku.

Nejpříznivější hodnoty přepočteného mechanického poškození hlíz bylo dosaženo u variant hnojených NPK (tab. VI a VII). Byl potvrzen příznivý vliv plné výživy na zvýšení odolnosti hlíz k mechanickému poškození. Shodný poznatek uvádějí též Votoupal et al. (1982) a Wirsing, Horneburg (1994).

Ve shodě s výsledky, které uveřejnil Míča (1992), byl zaznamenán kladný vliv fosforu v porovnání s variantami s jednostrannou výživou dusíkem nebo draslíkem.

Vyrovnaná výživa NPK u brambor je faktor, který s dalšími podmínkami modifikuje citlivost odrůd k mechanickému poškození hlíz.

LITERATURA

- BENKENSTEIN, H.: Der Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ertrag und Qualität der Kartoffel. Arch. Acker. Pfl.-Bau Bodenkde, 1988 (4): 247–254.
- BŘEČKA, J.: Příčiny poškození brambor. Úroda, 1992 (7): 320–321.
- GALL, H. – LAMPRECHT, P. – FECHTER, E.: Erste ergebnisse mit dem Rückschlagpendel zur Bestimmung der Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelknollen. Eur. Potato J., 10, 1967 (4): 272–285.
- GLUSKA, A. et al.: Vrazilovok bulw 39 odmian ziemniaka na uszkodzenia mech. osaz. Biul. Inst. Ziemi. (Bonin, Poznań, Pwll), 1988: 51–53.
- MÍČA, B.: Draslík a kvalita stolních a průmyslových brambor. In: Sbor. Ref. Draslík ve výživě brambor, Havlíčkův Brod, VŠÚB 1989: 37–54.
- MÍČA, B.: Fosfor a kvalita brambor. Úroda, 1992 (2): 74–75.
- RYBÁČEK, V. a kol.: Brambory. Praha, SZN 1988.
- VOTOUPAL, B. et al.: Mechanické poškození polorané odrůdy Cirá ve vztahu k použitému hnojení, velikosti a teplotě hlíz. In: Sbor. PEF VŠZ České Budějovice, 1982 (1): 45–50.
- WIRSING, F. – HORNEBURG, B.: Winderstandsfähigkeit von Kartoffelknollen gegen Beschädigungen. Kartoffelbau, 45, 1994 (6): 234 – 237.
- ZADINA, J.: Vliv dusíkatého hnojení na odolnost proti mechanickému poškození hlíz brambor. Rostl. Vyr., 29, 1983 (2): 177–183.
- Technologické postupy a technika pro racionální pěstování brambor. Havlíčkův Brod, VÚB 1990.

Došlo 2. 4. 1996

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Diviš, CSc., Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Česká republika, tel.: 038/770 39 11, fax: 038/403 01

ÚSTŘEDNÍ ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ KNIHOVNA, PRAHA 2, SLEZSKÁ 7

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna v Praze (dále jen ÚZLK), která je jednou z největších zemědělských knihoven na světě, byla založena v roce 1926. Již od počátku šlo o knihovnu veřejnou. Knihovna v současné době obsahuje více než jeden milion svazků knih, cestovních zpráv, dizertací, literatury FAO, svázaných ročníků časopisů z oblasti zemědělství, lesnictví, veterinární medicíny, ekologie a dalších oborů. Knihovna odebírá 750 titulů domácích a zahraničních časopisů. Informační prameny získané do fondu jsou v ÚZLK zpracovávány do systému katalogů – je budován jmenný katalog a předmětový katalog jako základní katalogy knihovny a dále různé speciální katalogy a kartotéky. Počátkem roku 1994 přistoupila ÚZLK k automatizovanému zpracování knihovního fondu v systému CDS/ISIS.

Pro informaci uživatelů o nových informačních pramenech ve fondech ÚZLK zpracovává a vydává knihovna následující publikace: Přehled novinek ve fondu ÚZLK, Seznam časopisů objednaných ÚZLK, Přehled rešerší a tematických bibliografií z oboru zemědělství, lesnictví a potravinářství, AGROFIRM – zpravodaj o přírůstcích firemní literatury (je distribuován na disketách), AGROVIDEO – katalog videokazet ÚZLK.

V oblasti mezinárodní výměny publikací knihovna spolupracuje s 800 partnery ze 45 zemí světa. Knihovna je členem IAALD – mezinárodní asociace zemědělských knihovníků. Od září 1991 je členem mezinárodní sítě zemědělských knihoven AGLINET a od 1. 1. 1994 je depozitní knihovnou materiálů FAO pro Českou republiku.

Knihovna poskytuje svým uživatelům následující služby:

Výpůjční služby

Výpůjční služby jsou poskytovány všem uživatelům po zaplacení ročního registračního poplatku. Mimopražští uživatelé mohou využít možnosti meziknihovní výpůjční služby. Vzácné publikace a časopisy se však půjčují pouze prezenčně.

Reprografické služby

Knihovna zabezpečuje pro své uživatele zhotovování kopií obsahů časopisů a následné kopie vybraných článků. Na počkání jsou zhotovovány kopie na přání uživatelů. Pro pražské a mimopražské uživatele jsou zabezpečovány tzv. individuální reproslužby.

Služby z automatizovaného systému firemní literatury

Jsou poskytovány z databáze firemní literatury, která obsahuje téměř 13 000 záznamů 1 700 firem.

Referenční služby

Knihovna poskytuje referenční služby vlastních databází knižních novinek, odebíraných časopisů, rešerší a tematických bibliografií, vědeckotechnických akcí, firemní literatury, videotéky, dále z databází převzatých – Celostátní evidence zahraničních časopisů, bibliografických databází CAB a Current Contents. Cílem je podat informace nejen o informačních pramenech ve fondech ÚZLK, ale i jiné informace zajímaví zemědělskou veřejnost.

Půjčování videokazet

V AGROVIDEO ÚZLK jsou k dispozici videokazety s tematikou zemědělství, ochrany životního prostředí a příbuzných oborů. Videokazety zasílá AGROVIDEO mimopražským zájemcům poštou.

Uživatelům knihovny slouží dvě studovny – všeobecná studovna a studovna časopisů. Obě studovny jsou vybaveny příručkovou literaturou. Čtenáři zde mají volný přístup k novinkám přírůstků knihovního fondu ÚZLK.

Adresa knihovny:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna
Slezská 7
120 56 Praha 2

Výpůjční doba:

pondělí, úterý, čtvrtek:	9.00–16.30
středa	9.00–18.00
pátek	9.00–13.00

Telefonické informace:

vedoucí:	24 25 50 74, e-mail: IHOCH@uzpi.agrec.cz
referenční služby:	24 25 79 39/linka 520
časopisy:	24 25 66 10
výpůjční služby:	24 25 79 39/linka 415
meziknihovní výpůjční služby:	24 25 79 39/linka 304
Fax:	24 25 39 38
E-mail:	ÚZLK@uzpi.agrec.cz

POKyny PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a výběrově i přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky v dané oblasti. Práce jsou uveřejňovány v češtině, slovenštině nebo angličtině. Rukopisy musí být doplněny krátkým a rozšířeným souhrnem (včetně klíčových slov).

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být přiloženo prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a kvalitě práce.

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 15 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery), k rukopisu je vhodné přiložit disketu s prací pořízenou na PC v některém textovém editoru, nejlépe v T602, a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Pokud autor používá v práci zkratky jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratky nepoužívat.

Název práce (titul) nemá přesáhnout 85 úhozů. Jsou vyloučeny podtitulky článků.

Krátký souhrn (Abstrakt) je informačním výběrem obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

Rozšířený souhrn (Abstract) je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 1–2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je vhodné jej (včetně názvu práce a klíčových slov) dodat v angličtině, popř. v češtině či slovenštině jako podklad pro překlad do angličtiny.

Úvod má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce realizována a velmi stručnou formou má být popsán stav studované otázky.

Literární přehled má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému.

Metoda se popisuje pouze tehdy, je-li původní, jinak postačuje citovat autora metody a uvádět jen případné odchylky. Ve stejné kapitole se popisuje také pokusný materiál.

Výsledky – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické 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 citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

Literatura musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197. Citace se řadí abecedně podle jména prvních autorů. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

Na zvláštním listě uvádí autor plné jméno (i spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Original scientific papers, short communications, and selectively reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing recent knowledge in the given field, are published in this journal. Published papers are in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain a short and a longer summary (including the key words).

The author is fully responsible for the originality of his paper, for its subject and formal correctness. The author shall make a written declaration that his paper has not been published in any other information source.

The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

The paper extent shall not exceed 15 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). A PC diskette should be provided with the paper, written in an editor program, preferably T602, and with graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

The title of the paper shall not exceed 85 strokes. Subtitles of the papers are not allowed either.

Abstract is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise base numerical data including statistical data. It must contain key words. It should be submitted in English and if possible also in Czech or Slovak.

Introduction has to present the main reasons why the study was conducted, and the circumstances of the studied problems should be described in a very brief form.

Review of literature should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem.

Only original method shall be described, in other cases it is sufficient enough to cite the author of the used method and to mention modifications of this method. This section shall also contain a description of experimental material.

In the section **Results** figures and graphs should be used rather than tables for presentation of quantitative values. A statistical analysis of recorded values should be summarized in tables. This section should not contain either theoretical conclusions or deductions, but only factual data should be presented here.

Discussion contains an evaluation of the study, potential shortcomings are discussed, and the results of the study are confronted with previously published results (only those authors whose studies are in closer relation with the published paper should be cited). The sections Results and Discussion may be presented as one section only.

The citations are arranged alphabetically according to the surname of the first author. References in the text to these citations comprise the author's name and year of publication. Only the papers cited in the text of the study shall be included in the list of references. All citations shall be referred to in the text of the paper.

If any abbreviation is used in the paper, it is necessary to mention its full form at least once to avoid misunderstanding. The abbreviations should not be used in the title of the paper nor in the summary.

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code, telefon and fax number or e-mail.

OBSAH – CONTENTS

Vološin J.: Sledovanie rastu, vývoja a produkcie sušiny ľadenca rožkatého v čistej kultúre a v miešankách s trávami – Investigation of growth, development and dry matter production of bird's-foot trefoil in pure culture and in grass mixtures.....	153
Římovský K., Svěráková J.: Botanická skladba a produktivnost dočasné louky v podmínkách hnojení kejdou – Botanical composition and productivity of temporary grassland in conditions of semi-liquid manuring.....	161
Míka V., Kohoutek, A.: Variabilita nutričních charakteristik listů trav v závislosti na jejich postavení na stéble – Variability of nutritive characteristics of leaves of grasses in dependence on their position on stem.....	167
Pouliík Z.: Vztah mezi obsahem draslíku a nitrátů v píceňkách – Relationship between potassium and nitrate contents in forage crops.....	173
Škoda M., Růžek L., Dušek L., Hofman J., Sixta J.: Mineralization activity of microbial biomass in reclaimed soils in comparison with empirical mathematical model – Mineralizační aktivita mikrobiální biomasy v rekultivovaných půdách ve srovnání s empirickým matematickým modelem.....	179
Borůvka L., Křišťoufková S., Kozák J., Huan-Wei Ch.: Speciation of cadmium, lead and zinc in heavily polluted soils – Speciace kadmia, olova a zinku v silně kontaminovaných půdách.....	187
Rec O., Starý M.: Změna kvality vody při průtoku údolní nádrží – Change in the water quality in flowing through the valley reservoir.....	193
INFORMACE – STUDIE – SDĚLENÍ – INFORMATION – STUDY – REPORT	
Diviš J., Štěrba Z.: Vztah hnojení a mechanického poškození hlíz bramboru u odrůdy Krasa – Relationship of fertilization and mechanical damage to potato tubers in Krasa cultivar.....	199