

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ODBORNÁ KNIHOVNA  
ministerstva zemědělství  
České republiky  
PRAHA 1 - TESNOV 6, 17

# ROSTLINNÁ VÝROBA

## Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

6

VOLUME 44  
PRAHA  
ČERVEN 1998  
CS ISSN 0370-663X

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gesci České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

## 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 Mištin, CSc. (Výzkumný ústav rostlinnej výroby, Piešťany, SR)

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

Prof. RNDr. Lubomír Nátr, 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 Zawislak (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 zahrnuty 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 44 vychází v roce 1998.

**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 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@login.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 1998 je 744 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 44 appearing in 1998.

**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 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@login.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 1998 is 177 USD (Europe), 195 USD (overseas).

# PREDIKCE BOTANICKÉHO SLOŽENÍ TRAVNÍCH POROSTŮ POMOCÍ SPEKTROSKOPIE V BLÍZKÉ INFRAČERVENÉ OBLASTI (NIRS)

STÁTNÍ KNIHOVNA  
Věda zemědělství  
České republiky  
- TESNOV č. 17

## PREDICTION OF BOTANICAL COMPOSITION OF GRASSLANDS USING SPECTROSCOPY IN NEAR INFRARED REGION (NIRS)

V. Míka, F. Smítal, P. Nerušil

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

**ABSTRACT:** From the experiments conducted at the Research Station of Grassland Ecosystems Jevíčko, 297 samples of lucerne-grasses and 716 samples from grasslands were taken. Each sample was divided into two parts, whilst the first part in the fresh state was determined for agrobotanical analysis and the second one after drying and grinding in the laboratory grinder (Pulverisette 15 with standardized 1 mm mesh sieve) for spectral measurement. Beside this, samples were taken from grasslands of 51 herbal species of 17 families which were mixed after crushing in graduated percentage with grasses and red clover. Spectral data were measured on the apparatus NIR Systems 6500 in the form  $\log 1/R$ , where  $R$  is reflectance, and they were correlated with the percentage of agrobotanical groups of families, or species (weight % of dry matter). In natural two-component mixtures (lucerne-grass, Tab. I) as well as in three-component mixtures (grass, clover crop, herbs, Tabs II, III) spectral data had a very close relationship to the botanical composition. Relatively exact prediction of weight percentages of components corresponds with it. Analyses of multiple linear regression of spectral data with botanical composition gave prediction equations with high coefficients of determination ( $r^2 = 0.86-0.94$ ), whereas the relationship is linear. BIAS values in the predicted set (Tab. III) show that actual and predicted means are not significantly different. SEP values vary from 4.05 (grasses) to 5.82 (herbs) what is somewhat more than SEC. The share in it has also the accuracy of reference method, i.e. accuracy of manual separation of different agrobotanical groups. The close relationship of spectral data was also manifested in mixtures prepared in the laboratory. The relationship of actual and predicted percentage of grasses, clover and herbs in three-component mixtures was very close ( $r^2 = 0.93-0.97$ ) and SEP amounted to 2.71 to 4.07. Some species, genera, or families from the group of herbs show certain systematic shift of predicted values in the positive sense (*Lenthodon hispidus*, *Geranium pratense*, *Galium* sp.), other species in the negative sense (*Sorbus asper*, *Glechoma hederacea*, *Aegopodium podagraria*). SEP in these cases, however, did not exceed 5%. The NIRS technique can be used to predict with a sufficient accuracy weight percentages of agrobotanical species in simple and complex clover-grass mixtures provided that groups will appear in sufficiently high percentage. NIRS technique is now commonly used as an alternative of agrobotanical analyses of harvested forage, because it is sufficiently accurate, very fast (measurement last less than 2 min) and measurements can be conducted with dry ground material outside the rush working hours, whenever after harvest.

spectroscopy; forage crops; agrobotanical analyses; NIRS; grasslands and clover-grass stands

**ABSTRAKT:** Na přístroji NIRSystems 6500 byla měřena spektra 51 druhů bylin ze 17 čeledí, pět druhů trav, různých vzorků vojtěšky seté a jetele lučního v suchém semletém stavu, jakož i vojtěškotrav a druhově pestrých travních porostů na VSTE Jevíčko. Dále byly laboratorně připraveny směsi trav, jetele lučního a jednotlivých druhů, čeledí, resp. směšného vzorku bylin. Všechna spektrální data byla zachycena ve formě  $\log 1/R$  a korelována s podílem agrobotanických skupin, čeledí, případně druhů. Ve všech těchto případech měla spektrální data velmi těsný lineární vztah k botanickému složení. Technikou NIRS lze s přijatelnou přesností predikovat hmotnostní podíly agrobotanických skupin v jetelotravních porostech. Měření pomocí NIRS lze doporučit jako alternativu agrobotanických rozborů sklizené píce. Měření trvá méně než 2 min a lze je provádět na suchém semletém materiálu mimo pracovní špičku, kdykoliv po sklizni.

spektroskopie; píce; agrobotanické rozbor; NIRS; travní a jetelovinotravní porosty

## ÚVOD

Spektrum jakéhokoliv vzorku v blízké infračervené oblasti (tj. 1100–2500 nm) je obecně bohaté na chemické informace. Pomocí multivariační techniky lze z něj vytěžit nejen spolehlivé rozlišení jednotlivých komponentů, ale i jejich kvantitu. Nezbytným předpokladem pro praktické využití je však vývoj vhodných kalibrací s použitím datového materiálu zjištěného standardními referenčními metodami.

Jednou z možností aplikace techniky NIRS v pratechnickém výzkumu je stanovení agrobotanických skupin, čeledí, případně nižších taxonomických jednotek ve směsných vzorcích, připravených uměle (Mika, 1997) nebo ve vzorcích z přirozených travních porostů (Pitman et al., 1991; Berardo et al., 1994).

Předložená práce si klade za cíl prověřit možnosti nasazení a hranice omezení využití techniky NIRS ke stanovení botanického složení složitých travních směsí v suchém semletém stavu jako alternativy pracovně a časově náročných agrobotanických rozborů.

## MATERIÁL A METODA

1. Z pokusů s vojtěškotrávami (*Medicago sativa*, odrůda Zuzana + různé druhy a odrůdy trav v odstupňovaném poměru) na VSTE Jevíčko bylo v první a druhé seči v roce 1996 odebráno 297 vzorků. Po sklizni byly vzorky rozděleny na dvě části. První část vzorku byla ručně separována na vojtěšku a trávy a oba podíly vyjádřeny v hmotnostních procentech. S druhou částí vzorku, která byla dehydratována v sušárně s nuceným pohybem vzduchu při 60 °C a semleta na rotačním řezacím mlýnu Pulverisette 15 s normalizovaným sítem 1 mm, bylo provedeno spektrální měření.

I. Predikce podílu vojtěšky seté (hmotn. % v sušině) ve vojtěškotrávách z polních pokusů – Prediction of percentage of lucerne (weight % in dry matter) in lucerne-grasses from field experiments

Parametr <sup>1</sup>	Podíl vojtěšky ve vojtěškotrávách <sup>6</sup>		Statistické hodnocení <sup>9</sup>
	skutečný <sup>7</sup>	predikovaný <sup>8</sup>	
SEP			6,25
Průměr <sup>2</sup>	35,45	34,90	
SEP (C)			6,23*
SEP (C) limit <sup>3</sup>			4,49
Směrodatná odchylka <sup>4</sup>	26,11	26,23	
Směrnice přímků <sup>5</sup>			0,97
r <sup>2</sup>			0,94
n			297

\* P<sub>0,95</sub>

<sup>1</sup>parameter, <sup>2</sup>average, <sup>3</sup>limit, <sup>4</sup>standard error, <sup>5</sup>line slope, <sup>6</sup>percentage of lucerne in lucerne-grasses, <sup>7</sup>actual, <sup>8</sup>predicted, <sup>9</sup>statistical evaluation

- Z pokusu s dočasnými porosty a přisevy na VSTE Jevíčko bylo v první a druhé seči v roce 1996 odebráno 716 vzorků, které byly zpracovány stejným postupem s tím, že při agrobotanickém rozboru byly separovány tři skupiny (trávy, jeteloviny, byliny).
- Z travních porostů na VSTE Jevíčko bylo v době senoseče v roce 1996 vybráno 51 vzorků různých bylin ze 17 čeledí. Dále bylo vybráno v průběhu vegetace 214 různých vzorků od pěti druhů kulturních trav, které byly semlety a homogenizovány a byl z nich vytvořen jeden vzorek, který byl označen jako tráva. Podobně byl pořízen průměrný vzorek jetele lučňního. Ze všech těchto vzorků v suchém

Pořadové číslo kombinace	Trávy	Jetel	Byliny
1	20	60	20
2	40	20	40
3	60	20	20
4	20	20	60
5	40	40	20
6	20	40	40

semletém stavu byly sestaveny umělé kombinace jednoho vzorku trávy, jednoho vzorku jetele a vzorků jednotlivých bylin podle schématu:

V dalším kroku byly byliny smíchány podle čeledí do skupin a podle stejného klíče pořízeny směsi trav, jetele a jednotlivých čeledí bylin. Nakonec byly čeledi bylin smíchány a podle stejného klíče vytvořeny směsi trav, jetele a smíchaných čeledí bylin.

Měření spekter bylo pořízeno na přístroji NIRSystems 6500 v oblasti VIS a NIR 400–2500 nm (tj. 25 000–4 000 cm<sup>-1</sup>) a jednotlivá spektra byla vyjádřena ve formě log 1/R, kde R = reflektance. S použitím programového vybavení ENSAS byla pro každý komponent (agrobotanickou skupinu, čeleď, druh) pořízena knihovna spekter třikrát paralelně měřených. S použitím programového vybavení ISI byly pro každý komponent generovány kalibrační rovnice a korelovány s deklarovaným podílem:

- agrobotanických skupin (u dvojkomponentních směsí tráva a vojtěška; u trojkomponentních směsí tráva, jetelovina a směsný vzorek bylin);
- čeledí, resp. druhů bylin u ad 3 v připravených směsích s trávou a jetelem.

## VÝSLEDKY

V přírodních dvojkomponentních směsích (vojtěškotráva) měla spektrální data velmi těsný vztah k botanickému složení (tab. I). Podobně tomu bylo i v trojkomponentních směsích (tráva, jetelovina, byliny – tab. II, III). Z toho vyplývá relativně přesná predikce hmotnostních podílů jednotlivých komponentů (obr. 1, tab. III). Průměrná spektra trav, jetele lučňního a bylin v oblasti VIS a NIR jsou znázorněny na obr. 3. Analýza mnohonásobné lineární regrese spektrálních dat s botanickým složením poskytovala predikční rovnice s vyso-

II. Podíly agrobotanických skupin (hmotn. % v sušině); statistika kalibrační a křížové validace – Percentages of agrobotanical groups (weight % in dry matter); statistics of calibration and cross validation

Parametr <sup>1</sup>	n	$\bar{x} \pm s$	SEC*	r <sup>2</sup>	SEC (V)**	r <sup>2</sup>
Trávy <sup>2</sup>	178	62,4 ± 21,5	3,31	0,98	3,92	0,95
Jeteloviny <sup>3</sup>	155	16,6 ± 13,2	4,20	0,96	5,11	0,94
Byliny <sup>4</sup>	172	20,9 ± 16,7	4,93	0,95	5,37	0,90

\* směrodatná odchylka kalibrace – standard error of calibration

\*\* směrodatná odchylka křížové validace – standard error of cross validation

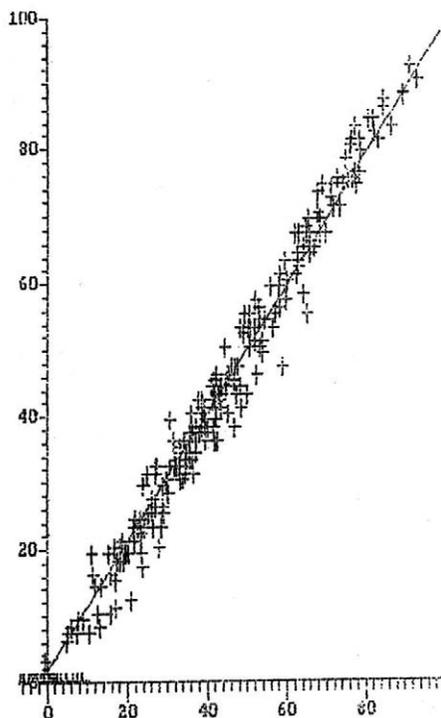
<sup>1</sup> parameter, <sup>2</sup> grasses, <sup>3</sup> clover crops, <sup>4</sup> herbs

III. Statistika predikovaného souboru – Statistics of predicted set

Parametr <sup>1</sup>	n	Skutečný podíl <sup>5</sup>	Predikovaný podíl <sup>6</sup>	r <sup>2</sup>	BIAS	SEP*
Trávy <sup>2</sup>	716	59,8 ± 20,6	60,9 ± 19,6	0,93	-1,94	4,05
Jeteloviny <sup>3</sup>	668	13,1 ± 9,8	11,7 ± 8,3	0,90	-1,40	5,54
Byliny <sup>4</sup>	706	25,5 ± 18,0	27,1 ± 20,5	0,86	0,42	5,82

\* směrodatná odchylka predikce – standard error of prediction

For 1–4 see Tab. II, <sup>5</sup> actual percentage, <sup>6</sup> predicted percentage

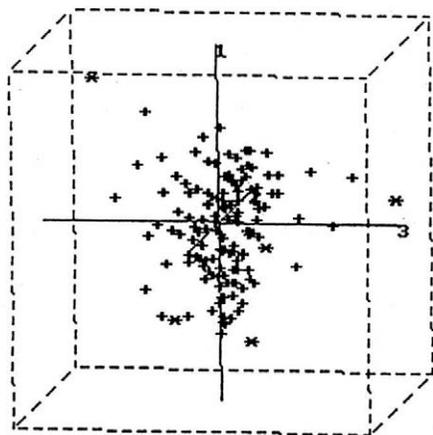


1. Vztah skutečného podílu vojtěšky (hmotn. % v sušině) k podílu predikovanému ve vojtěškotrávě – Relationship of actual lucerne percentage (weight % in dry matter) to predicted percentage in lucerne-grass

$$Y = 0,97X + 1,69$$

osa x: predikovaný – x axis: predicted

osa y: skutečný – y axis: actual



2. Vzorky trav, jetele lučního a bylin zobrazené proti souboru PCA (analýza hlavních komponentů) lučních rostlin – Samples of grasses, red clover and herbs depicted against PCA set (analysis of main components) of meadow plants

0 – diagonální pohled – diagonal view

1 – pohled shora – top view

2 – pohled zleva – left view

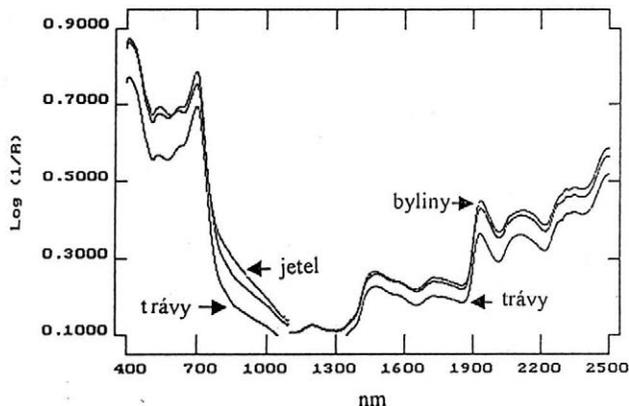
3 – pohled zprava – right view

+ označené vzorky – marked samples

\* velmi vzdálené (netypické vzorky) – global outliers (atypical samples)

+ střed pohledu zprava – middle right view

kými koeficienty determinace ( $r^2 = 0,86-0,94$ ), přičemž vztah prokazuje linearitu. Hodnoty BIAS (statistické kritérium chybového členu predikce) u predikovaného souboru (tab. III) ukazují, že skutečné a predikované průměry se podstatně neliší. Hodnoty smě-



3. Průměrná spektra trav, jetele lučního a bylin – Average spectra of grasses, red clover and herbs  
osa x: vlnová délka – x axis: wavelength  
trávy – grasses  
jetel – clover  
byliny – herbs

rodnaté odchylky predikce kolísají od 4,05 do 5,82 % (tab. III), což je poněkud více než SEC (směrodatná odchylka kalibrace). Směrodatná odchylka predikce (SEP) obecně odráží přesnost referenční metody, tj. ruční separace jednotlivých agrobotanických skupin.

Těsný vztah spektrálních dat s botanickým složením byl prokázán též u laboratorně připravených směsí (tab. IV, V, VI). Vztah skutečných a predikovaných podílů trav, jetele a bylin v trojkomponentních směsích byl velmi těsný ( $r^2 = 0,93-0,97$ ) a SEP relativně nízká (2,71–4,07). Při detailní analýze vlivu jednotlivých čeledí bylin na přesnost predikce jejich podílu v trojkomponentních směsích se ukázalo, že některé druhy, rody a čeledi vykazují určitý systematický posun predikovaných hodnot v kladném smyslu (*Leonthodon hispidus*, *Geranium pratense*, *Galium* sp.), jiné druhy v záporném smyslu (*Sorbus asper*, *Glechoma hederacea*, *Aegopodium podagraria*). Při hodnocení souboru použitých vzorků lučních rostlin (obr. 2) podle statistické hodnoty  $H$  (spektrální vzdálenost sousedních vzorků) vykazovala největší hodnoty čeleď *Chenopodiaceae* ( $H = 2,834$ ) a v klesajícím pořadí následovaly *Centa-*

*rea jacea* > *Cirsium oleraceum* > *Veronica chamaedrys* > *Rumex obtusifolius* ( $H = 1,667$ ) > *Geranium pratense* > *Equisetum arvense* ( $H = 1,525$ ) > *Taraxacum officinale* ( $H = 1,403$ ) > *Polygonum bistorta* > *Aegopodium podagraria* ( $H = 1,282$ ) > *Prunella vulgaris* > *Potentilla anserina* ( $H = 1,208$ ) > *Senecio erraticus* ( $H = 1,025$ ) > *Plantago major* ( $H = 1,04$ ) až po *Heracleum sphondylium*, *Chrysanthemum leucanthemum* ( $H = 0,497$ ) a *Viola tricolor* ( $H = 0,394$ ). Druhy, rody a čeledi s vysokou hodnotou  $H$  jsou ostatním vzorkům spektrálně vzdáleny nejvíce, a pokud by se vyskytovaly v porostu ve větším hmotnostním podílu, technikou NIRS by je bylo možno postihnout citlivěji než druhy s nízkou hodnotou  $H$ .

#### DISKUSE

Technikou NIRS lze s přijatelnou přesností predikovat hmotnostní podíly hlavních botanických skupin v jednoduchých jetelevo-travních směsích (např. vojtěškotravách i v přirozených multikomponentních

IV. Predikce podílu trav (hmotn. % v sušině) v trojkomponentních směsích (laboratorně připravené kombinace) – Prediction of percentage of grasses (weight % in dry matter) in three-component mixtures (combinations prepared in laboratory)

Parametr <sup>1</sup>	Podíl trav <sup>6</sup>		Statistické hodnocení <sup>9</sup>
	skutečný <sup>7</sup>	predikovaný <sup>8</sup>	
SEP			2,71
Průměr <sup>2</sup>	33,33	33,50	
SEP (C)			2,72
SEP (C) limit <sup>3</sup>			3,69
Směrodatná odchylka <sup>4</sup>	14,96	15,18	
Směrnice přímků <sup>5</sup>			0,97
$r^2$			0,97
$n$			714

For 1–5, 7–9 see Tab. I, <sup>6</sup>percentage of grasses

V. Predikce podílu jetele lučního (hmotn. % v sušině) v trojkomponentních směsích (laboratorně připravené kombinace) – Prediction of percentage of red clover (weight % in dry matter) in three-component mixtures (combinations prepared in laboratory)

Parametr <sup>1</sup>	Podíl jetele lučního <sup>6</sup>		Statistické hodnocení <sup>9</sup>
	skutečný <sup>7</sup>	predikovaný <sup>8</sup>	
SEP			3,40
Průměr <sup>2</sup>	33,33	33,30	
SEP (C)			3,42
SEP (C) limit <sup>3</sup>			4,62
Směrodatná odchylka <sup>4</sup>	14,96	15,07	
Směrnice přímků <sup>5</sup>			0,97
$r^2$			0,95
$n$			714

For 1–5, 7–9 see Tab. I, <sup>6</sup>percentage of red clover

VI. Predikce podílu bylin (hmotn. % v sušině) v trojkomponentních směsích (laboratorně připravené kombinace) – Prediction of percentage of herbs (weight % in dry matter) in three-component mixtures (combinations prepared in laboratory)

Parametr <sup>1</sup>	Podíl bylin <sup>6</sup>		Statistické hodnocení <sup>9</sup>
	skutečný <sup>7</sup>	predikovaný <sup>8</sup>	
SEP			4,07
Průměr <sup>2</sup>	3,33	33,03	
SEP (C)			4,09
SEP (C) limit <sup>3</sup>			0,57
Směrodatná odchylka <sup>4</sup>	14,96	14,76	
Směrnice přímký <sup>5</sup>			0,98
r <sup>2</sup>			0,93
n			714

For 1–5, 7–9 see Tab. I, <sup>6</sup>percentage of herbs

travních porostech). Dostatečnou přesnost predikce potvrzují výsledky i dalších autorů (Pitman et al., 1991; Berardo et al., 1994) za předpokladu, že tyto skupiny budou ve směsi zastoupeny v dostatečně vysokém podílu. Technika NIRS je dokonce schopna odlišit různé botanické druhy měřením rozdílů molekulárního pnutí chemických vazeb v organických látkách, zvláště pokud tyto druhy vykazují též charakteristické vibrace významných chemických skupin (Murray, 1994). Na základě našeho zevrubného šetření můžeme techniku NIRS doporučit jako alternativu agrobotanických roz-

borů sklizené píce, neboť je dostatečně přesná, velice rychlá (měření trvá < 2 min) a lze ji provádět na suchém semletém materiálu mimo pracovní špičku, kdykoliv po sklizni.

#### Poděkování

Experimentální práce byly provedeny za finanční podpory GA ČR projekt č. 503/95/1457 *Vývoj expeditivních metod hodnocení kvality travní biomasy*.

#### LITERATURA

- BERARDO, N. – ZILLOTTO, U. – ODOARDI, M.: Botanical composition of forages estimated with NIRS. Proc. 15th Gen. Meet. EGF, Wageningen, 1994: 603–606.
- MÍKA, V.: The use of discrimination analysis for the prediction of botanical composition of grassland sward. Proc. 8th Int. Conf. NIR Spectroscopy, Essen, 1997. 21 s.
- MURRAY, I.: Forage analysis by near infra-red spectroscopy. In: DAVIES, A. et al. (eds): Sward measurement handbook. 2nd ed. Brit. Grassl. Soc. Reading, 1994: 285–312.
- PITMAN, W. D. et al.: Botanical composition of tropical grass-legume pastures estimated with near-infrared reflectance spectroscopy. Agron. J., 83, 1991: 103–107.

Došlo 6. 10. 1997

#### 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: 0462/32 78 14, 0361/25 30 43

## 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.

Pérovky mohou být zpracovány jako předloha pro skenování nebo mohou být dodány též jako bitmapa ve formátu **\*.TIF** (600 DPI). Pro skenování by grafy neměly obsahovat šedivé plochy. Místo šedi se mohou použít různé typy černobílého šrafování.

Grafy je třeba dodat **včetně zdrojových dat** (jako tabulku) v programu EXCEL.

Prosíme **nezasílejte** obrázky ve formátu **Harvard Graphics**, nýbrž vyexportované do některého z výše uvedených formátů.

*Redakce časopisu*

# VLIV LYOFILIZOVANÝCH PŮDNÍCH VÝLUHŮ NA KLÍČIVOST, DÉLKU HYPOKOTYLU A KOŘENE *TRIFOLIUM PRATENSE*, CV. VESNA A *FESTUCA* *ARUNDINACEA*, CV. KORA

THE EFFECT OF LYOPHILIZED SOIL EXTRACTS ON GERMINATION,  
LENGTH OF HYPOCOTYL AND ROOT OF *TRIFOLIUM PRATENSE*,  
CV. VESNA AND *FESTUCA ARUNDINACEA*, CV. KORA

A. Kohoutek<sup>1</sup>, A. Fojtík<sup>2</sup>, †J. Horák<sup>2</sup>, V. Odstrčilová<sup>1</sup>, P. Novosadová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Agricultural and Food Information, Praha, Research Station of Grassland  
Ecosystems, Jevíčko, Czech Republic*

<sup>2</sup>*Breeding Station Hladké Životice, Ltd., Czech Republic*

**ABSTRACT:** Allelopathic action of extracts from soil samples from grasslands taken from eight perennial grass species (trial A) and from band reseeded into grassland (four depths) in four dates (trial B) was studied as affected the energy of germination capacity, length of hypocotyl and roots of *Trifolium pratense*, cv. Vesna and *Festuca arundinacea*, cv. Kora. Soil samples with above-ground biomass (stubble of the 100 mm height) were taken, extracted with distilled water, lyophilized and subsequently diluted to three concentrations of calculated weight moisture of soil according to

the formula 
$$M_{R_L} = \frac{a \cdot W_{hm_i} \cdot M_{PV_i}}{a \cdot W_{hm} + M_v \cdot (M_{s_{v_i}} + W_{hm})}$$
 Testing of soil samples was conducted by the method after Pederson

(1986). Water extracts from soil samples of grasses inhibited statistically highly significantly the root length, less the energy of germination capacity and length of hypocotyl. Inhibition of the root length of *Trifolium pratense*, cv. Vesna (Fig. 1) was falling in the order *Arrhenatherum elatius*, *Bromus inermis*, generic hybrid HŽ-5-DK, *Festuca arundinacea*, *Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*; inhibition of root length is statistically highly significant in all grass species compared with the control with the distilled water, only in *Phalaris arundinacea* the inhibition is statistically significant. The hypocotyl length of *Trifolium pratense*, cv. Vesna inhibited extracts in the following order: *Bromus inermis* > *Festuca arundinacea* > *Arrhenatherum elatius* > *Dactylis glomerata* compared with distilled water and they stimulated in the order: *Poa pratensis* < *Alopecurus pratensis* < generic hybrid HŽ-5-DK < *Phalaris arundinacea*; decrease in the length of hypocotyl against control with distilled water is highly significant in *Bromus inermis* and increase is highly significant in *Phalaris arundinacea*. Energy of germination was inhibited in descending order *Bromus inermis* > *Festuca arundinacea* > *Arrhenatherum elatius* > *Dactylis glomerata* > *Poa pratensis* > *Phalaris arundinacea* > generic hybrid HŽ-5-DK > *Alopecurus pratensis*, whereas decrease of energy of germination capacity in *Bromus inermis* and *Festuca arundinacea* is statistically highly significant against control (distilled water). In the experiment A statistically highly significant inhibitory action of concentration of soil extracts on average of grass species on energy of germination, length of hypocotyl and roots of *Trifolium pratense*, cv. Vesna at increasing concentration of soil extract (Fig. 2) was found. Soil extracts from different depths of sampling in the experiment B (Fig. 6) inhibited the length of roots of *Trifolium pratense* (statistically highly significantly) in all depths compared with distilled water; length of roots of *Festuca arundinacea* was strongly stimulated, that is again statistically highly significantly compared with distilled water. Extracts from soil samples taken band reseeded into grassland on four dates of reseeded (Fig. 9) demonstrated highly significantly action on the length of roots and length of hypocotyl among different dates in both tested species. The results obtained showed that in the grassland ecosystem are comprised specifically active substances which can stimulate or inhibit initial growth and development of introduced species in dependence on the concentration of substances comprised in soil solution. Allelopathic action is a significant regulatory mechanism of technology of additional seeding into grasslands.

allelopathy; soil extracts; band additional seedings; lyophilization; grass species

**ABSTRAKT:** Bylo sledováno alelopatické působení výluhů z půdních vzorků z travních porostů odebraných z osmi vytrvalých travních druhů (pokus A) a z pásových přísевů do travního porostu (čtyři hloubky) ve čtyřech termínech přísевu (pokus B) na energii klíčivosti, délku hypocotylu a kořenů *Trifolium pratense*, cv. Vesna a *Festuca arundinacea*, cv. Kora.

Půdní vzorky i s nadzemní biomasou (strništěm o výšce do 100 mm) jsme odebrali, vyluhovali destilovanou vodou, lyofilizovali a následně naředili na tři koncentrace měřené hmotností vlhkostí půdy. Vodní výluhy z půdních vzorků trav inhibovaly statisticky vysoce významně délku kořene, méně energii klíčivosti a délku hypokotylu. V pokuse A jsme zjistili statisticky vysoce významně inhibiční působení koncentrace půdních výluhů v průměrných z pásového přisevu do travního porostu ve čtyřech termínech přisevu prokázaly statisticky vysoce významně působení na délku kořenů a délku hypokotylu mezi jednotlivými termíny u obou testovaných druhů. Výsledky ukazují, že v travním ekosystému jsou obsaženy specificky účinné látky, které mohou stimulovat či inhibovat počáteční růst a vývoj introdukovaných druhů v závislosti na koncentraci látek obsažených v půdním roztoku.

alelopatie; půdní výluhy; pásové přisevy; lyofilizace; travní druhy

## ÚVOD

Alelopatie je definována jako přímé či nepřímé, škodlivé nebo prospěšné působení jedné rostliny na jinou díky produkci chemických sloučenin, které unikají do prostředí (R i c e, 1984).

Bezorebné přisevy, pěstování rostlin v monokultuře a kombinování rostlin v porostu zkvalitňují poznatky a informace v oblasti alelopatie. Ch u n g, M i l l e r (1995a) zjistili, že rostliny vojtěšky obsahují vodorozpuštěné substance, které inhibují klíčivost a růst semenáčků vojtěšky. Inhibiční působení se zvyšovalo se vzrůstající koncentrací výluhů z listů, lodyh, květů, semen a kořenů vojtěšky, měřeno klíčivostí, suchou hmotou hypokotylu, kořínků a délkou pětidenních semenáčků vojtěšky. Délka kořínku byla citlivější než klíčivost nebo délka hypokotylu. Inhibice se snižovala v pořadí výluhů: listy, semena, směs celé rostliny, půda, kořen, květ, lodyha. Půda z pozemků, na kterých se pěstovala vojtěška, byla silnějším inhibátorem než půdy, na kterých se pěstovalo žito nebo vikev.

Rovněž zbytky trav ovlivňují růst a vývoj vojtěšky (Ch u n g, M i l l e r, 1995b) prostřednictvím alelochemikálií přítomných v rostlinných zbytcích. Klíčivost vojtěšky nejsilněji inhibovala *Festuca arundinacea* Schreb., suchá hmotnost cotyledonů, hypokotylů a kořenů vojtěšky byla významně snížena především výluhy z *Bromus inermis* Leyss., *Dactylis glomerata* L. a *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Výluh *Phleum pratense* L. způsobil nejnížší procento přežití semenáčků vojtěšky, zatímco *Agrostis gigantea* Roth. a *Phalaris arundinacea* L. neměly žádný vliv na vzejití a přežití vojtěšky.

Grant, Sallans (1964) zhodnotili klíčivost a růst čtyř jetelovin a čtyř trav v přítomnosti vodních výluhů stejných druhů. Určili intenzitu inhibice v postupném pořadí: vojtěška setá, štírovník růžkatý, jetel plazivý, jetel luční, lesknice, sveřep, bojínka a srha. Inhibiční účinky travních porostů jsou významnou překážkou při zakládání přisevů do travních porostů (K o h o u t e k et al., 1995). Inhibice se projevuje zpomaleným růstem a vývojem přisetých rostlin jetele lučního a trav (kostřava rákosovitá, rodové hybridy) a vede

k vypadnutí velkého počtu rostlin v počátečním období po přisevu, případně k úplnému vypadnutí přisevu.

## MATERIÁL A METODA

Při sledování alelopatického působení travních porostů na energii klíčení, délku hypokotylu a kořenů *Trifolium pratense* a *Festuca arundinacea* jsme se zaměřili na složku půdního ekosystému, která je rozpustná a mobilní v půdním roztoku a šetrným způsobem extrahovatelná a použitelná pro další biologické testy. Půdní vzorky i s nadzemní biomasou (strništěm o výšce do 100 mm) jsme odebrali, vyluhovali destilovanou vodou, lyofilizovali a následně naředili na požadovanou hmotnostní vlhkost půdy.

### Pokus A

Půdní vzorky o hmotnosti 5 kg byly odebrány 5. 6. 1995 z pokusu se sortimentem vytrvalých trav (K o h o u t e k, 1994) ze zásevu 1986 na stanovišti Jevíčko z hloubky 0 až 100 mm u variant:  $a_1$  – *Dactylis glomerata*, cv. Niva,  $a_2$  – *Arrhenatherum elatius*, cv. Rožnovský,  $a_3$  – *Festuca arundinacea*, cv. Kora,  $a_4$  – rodový hybrid HŽ-5-DK,  $a_5$  – *Poa pratensis*, cv. Slezanka,  $a_6$  – *Alopecurus pratensis*, cv. Levočská,  $a_7$  – *Bromus inermis*, 00-1282-09,  $a_8$  – *Phalaris arundinacea*, cv. Motterwitzer,  $a_9$  – kontrola (orná půda s plodinou krmná řepa),  $a_{10}$  – kontrola (trvalý travní porost – prázdná místa),  $a_{11}$  – kontrola (destilovaná voda).

### Pokus B

V roce 1996 jsme z pásových přisevů do šestiletého obnoveného travního porostu s převahou *Dactylis glomerata* na stanovišti Jevíčko (fluvizem glejová) ve čtyřech termínech ( $T_1$  – 22. 5. 1996,  $T_2$  – 1. 7. 1996,  $T_3$  – 9. 8. 1996 a  $T_4$  – 17. 9. 1996) odebrali půdní vzorky o hmotnosti 10 kg do hloubky:  $h_1$  (0–50 mm),  $h_2$  (0–100 mm),  $h_3$  (0–150 mm),  $h_4$  (0–200 mm),  $h_0$  – kontrola (destilovaná voda).

Pro přípravu výluhů o požadované hmotnostní vlhkosti půdy jsme experimentálně ověřili metodu lyofilizace půdního výluhu drnové vrstvy travních porostů s nadzemní biomasou a vypracovali postup přípravy roztoku na požadovanou hmotnostní vlhkost půdy. Půdní vzorky byly vyluhovány destilovanou vodou v poměru 1 : 1 na hmotnostní množství zeminy. Po dobu 24 h, při teplotě 20 °C probíhalo vyluhování tak, že se střídalo půlhodinové stání s půlhodinovým mícháním pomocí vibrátoru. Po 24 h byla provedena separace na kvyetové odstředivce při 4 500 ot.min<sup>-1</sup>. Slitý supernatant byl přefiltrován přes řídkou plachetku (odstranění hrubších částic s nižší hustotou než voda – listový opad apod.) a znovu odseparován při 4 500 ot.min<sup>-1</sup>. Takto upravený výluh byl lyofilizován v miskách. Po lyofilizaci byl každý vzorek kvantitativně rozpuštěn v destilované vodě do 400 ml (pokus A), resp. 800 ml (pokus B) a takto připravený výluh byl rozdělen do dvou (pokus A), resp. čtyř (pokus B) NTS lahví a znovu lyofilizován. Vyluhování a lyofilizace půdních vzorků byly realizovány v Biotechnologické hale MBÚ AV ČR v Praze. Lyofilizované výluhy půdních vzorků byly naředěny bezprostředně před testováním na hmotnostní vlhkost půdy  $b_1 - 10\%$ ,  $b_2 - 20\%$  a  $b_3 - 30\%$  podle vzorce:

$$M_{R_L} = \frac{a \cdot W_{hm_1} \cdot M_{PV_L}}{a \cdot W_{hm} + M_v \cdot (M_{s_{rel}} + W_{hm})}$$

kde:  $M_{R_L}$  – hmotnost naředěného lyofilizátu (g)  
 $M_{PV_L}$  – hmotnost půdního výluhu použitého k lyofilizaci (g)  
 $W_{hm_1}$  – požadovaná hmotnostní vlhkost půdy (%)  
 $W_{hm}$  – hmotnostní vlhkost půdy použité k vyluhování (%)  
 $M_v$  – hmotnost vyluhovadla (g), tj. vody použité k vyluhování  
 $a$  – navážka zeminy (g) při původní  $W_{hm}$   
 $M_{s_{rel}}$  – hmotnost lyofilizovaného vzorku půdy relativně (100 %), použitá jako základ pro výpočet hmotnostní vlhkosti půdy

#### Příklad výpočtu:

Vypočítete hmotnost naředěného lyofilizátu  $M_{R_L}$ , jestliže hmotnost navážky zeminy  $a = 2\,500$  g při hmotnostní vlhkosti půdy použité k vyluhování  $W_{hm} = 17,1\%$ , hmotnost vyluhovadla, tj. destilované vody,  $M_v = 2\,500$  g, hmotnost půdního výluhu použitého k lyofilizaci  $M_{PV_L} = 2\,000$  g (při  $M_{s_{rel}} = 100\%$ ), požadujeme-li hmotnostní vlhkost půdy  $W_{hm_1} = 10\%$ .  
 Výpočet:

$$M_{R_L} = \frac{2500 \cdot 10 \cdot 2000}{2500 \cdot 17,1 + 2500 \cdot (100 + 17,1)}$$

$$M_{R_L} = 149,03 \text{ (g)}$$

Závěr: Hmotnost naředěného lyofilizátu při 10% hmotnostní vlhkosti půdy bude u daného vzorku 149,03 g.

Půdní výluhy vybraných travních druhů z vytrvalých travních porostů a přísavů jsme testovali podle publikované metody (Pederson, 1986) v biologických laboratořích ŠS Hladké Životice. Naředěné lyofilizáty jsme filtrovali přes papírové filtry Filtrac 390, Whatman 4 a dále ve sterilním prostředí na filtračním zařízení Filtra 50 se synporovým filtrem č. 2. Naředěné lyofilizáty byly sterilně smíchány s rozvařeným agarom (10 g.l<sup>-1</sup>) v poměru 1 : 1 a rozlity do Petriho mi-

sek. K testům na agarových plotnách jsme použili dvojnásobně koncentrovaný naředěný lyofilizát  $M_{R_L}/2$ , protože rozvařený agar jsme považovali za hmotnost naředěného lyofilizátu. V případě, že bychom nepoužili dvojnásobně koncentrovaný naředěný lyofilizát, došlo by po smíchání s rozvařeným agarom k dvojnásobnému naředění požadované hmotnostní vlhkosti půdy. Jako kontrola byla použita destilovaná voda. Semena *Trifolium pratense* byla postupně povrchově sterilizována v 70% etanolu (5 min), 1% chloraminu (10 min) a 70% etanolu (5 min) a třikrát promyta sterilní destilovanou vodou. Semena *Festuca arundinacea*, vzhledem k jejich vyšší citlivosti na uvedený proces, byla sterilizována 0,1% HgCl<sub>2</sub> po dobu 5 min s následným promytím sterilizovanou destilovanou vodou. Ošetřená semena byla ve čtyřech opakováních po 50 ks vyseta na agarové plotny v Petriho miskách, umístěna do termostatu a kultivována ve tmě při teplotě 23 °C.

K testování alelopatického působení půdních výluhů jsme za testacní druhy zvolili *Trifolium pratense*, cv. Vesna (pokus A i B) a *Festuca arundinacea*, cv. Kora (pokus B) a hodnotili jsme po čtyřech dnech u jetele a po deseti dnech u trávy energii klíčivosti, délku kořenů a hypokotylů. Hodnoty energie klíčivosti byly po statistické zpracování transformovány na arcsin  $\sqrt{\%}$  (Mudra, 1958). Délka hypokotylu u *Trifolium pratense*, cv. Vesna byla měřena podle stupnice: 1. třída 0–10 mm, 2. třída 10–20 mm, 3. třída 20–25 mm, 4. třída 25–35 mm, 5. třída > 35 mm; délka kořenů podle stupnice: 1. třída 0–5 mm, 2. třída 6–10 mm, 3. třída 11–20 mm, 4. třída 21–30 mm, 5. třída > 31 mm. Získané výsledky jsem přepočítali na vážený průměr třídy. Délku hypokotylu a kořene u *Festuca arundinacea*, cv. Kora jsme měřili v mm a vypočítali aritmetický průměr. Dosažené výsledky jsme hodnotili dvou- a třífaktorovou analýzou variance s jedním pozorováním v podtřídě, testování průkaznosti rozdílů bylo provedeno Tukeyovým testem.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

### Alelopatické působení výluhů z travních druhů

V rámci testovaných druhů (pokus A) inhibovaly půdní výluhy všech druhů statisticky vysoce významně délku kořene, méně energií klíčivosti a délku hypokotylu. Inhibice délky kořene *Trifolium pratense*, cv. Vesna (tab. I, obr. 1) klesala v pořadí *Arrhenatherum elatius*, *Bromus inermis*, rodový hybrid HŽ-5-DK, *Festuca arundinacea*, *Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*; inhibice délky kořene je statisticky vysoce významná u všech travních druhů oproti kontrole s destilovanou vodou, pouze u *Phalaris arundinacea* je inhibice statisticky významná. Délku hypokotylu *Trifolium pratense*, cv. Vesna inhibovaly výluhy v pořadí *Bromus inermis* > *Festuca arundinacea* > *Arrhenatherum elatius* > *Dactylis glomerata* ve srovnání s destilovanou vodou a sti-

I. Dvoufaktorová analýza variance alelopatického působení půdních výluhů travních druhů na délku kořene a hypokotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna (pokus A) – Two-factor variance analysis of allelopathic action of soil extracts of grass species on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna (experiment A)

Zdroj proměnlivosti <sup>1</sup>	f	Hodnocený znak <sup>2</sup>					
		délka kořene <sup>3</sup>		délka hypokotylu <sup>4</sup>		energie klíčivosti <sup>5</sup>	
		S	MS	S	MS	S	MS
Travní druhy <sup>12</sup>	10	10,90	1,09**	28,84	2,88**	1 776,2	177,6**
Koncentrace půdního výluhu <sup>8</sup>	2	3,03	1,51**	6,83	3,42**	554,6	277,3**
Opakování <sup>9</sup>	3	0,09	0,03	0,08	0,03	14,3	4,8
Interakce <sup>10</sup> travní druhy x koncentrace	20	2,29	0,11**	11,61	0,58**	838,8	41,9**
Reziduum <sup>11</sup>	96	4,22	0,04	9,68	0,10	1 911,1	19,9

Vysvětlivky k tab. I až V – Explanations to Tabs I to V:

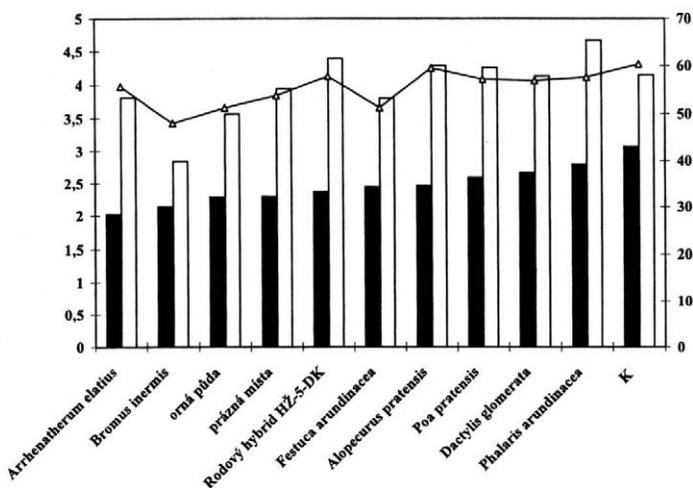
\*, \*\* statisticky významný rozdíl na hladině významnosti  $\alpha = 0,05; 0,01$  – significant difference on the level of significance  $\alpha = 0,05; 0,01$

f – počet stupňů volnosti – number of degrees of freedom

S – součet čtverců – sum of squares

MS – průměrná čtvercová odchylka – average square error

<sup>1</sup>source of variability, <sup>2</sup>evaluated trait, <sup>3</sup>length of root, <sup>4</sup>length of hypocotyl, <sup>5</sup>energy of germination capacity, <sup>6</sup>depth of sampling, <sup>7</sup>date of sampling, <sup>8</sup>concentration of soil extract, <sup>9</sup>replication, <sup>10</sup>interaction, <sup>11</sup>residue, <sup>12</sup>grass species



I. Vliv výluhů z půdních vzorků travních druhů na délku kořene a hypokotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna v průměru koncentrací půdních výluhů (pokus A) – Effect of extracts from soil samples of grass species on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna in average of concentrations of soil extracts (experiment A)

Vysvětlivky k obr. 1 až 9 – Explanations to Figs 1 to 9:

osa x: hmotnostní vlhkost půdy (%), resp. hloubka a termín odběru – x axis: weight moisture of soil (%), depth and date of sampling, resp. hloubka odběru – depth of sampling: 5 = 0–50 mm, 10 = 0–100 mm, 10 = 0–150 mm, 20 = 0–200 mm, K = kontrola – control

osa y (vlevo): délka kořene a hypokotylu – y axis (left): length of the root and hypocotyl

Vesna = vážený průměr třídy – weighed mean of category, Kora = mm

osa y (vpravo): energie klíčivosti – y axis (right): energy of germination capacity

■ délka kořene – length of root

□ délka hypokotylu – length of hypocotyl

—△— energie klíčivosti – energy of germination capacity

orná půda – arable land

prázdná místa – blank space

K = kontrola (voda) – control (water)

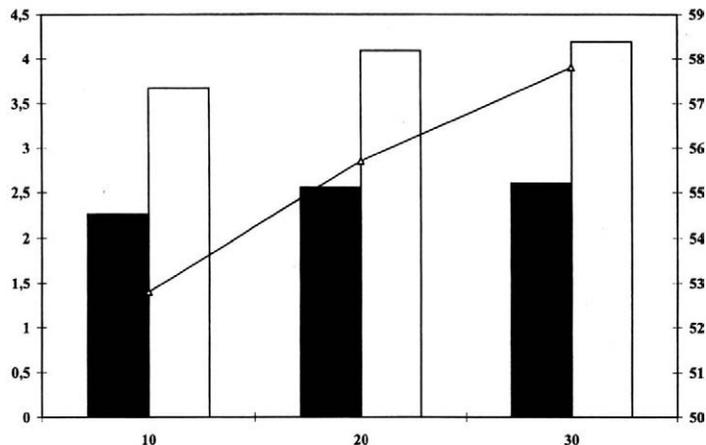
T<sub>1</sub>–T<sub>4</sub> = termíny odběru, resp. přívsevu – dates of sampling or reseed, resp.

mulovaly v pořadí *Poa pratensis* < *Alopecurus pratensis* < rodový hybrid HŽ-5-DK < *Phalaris arundinacea*; snížení délky hypokotylu oproti kontrole s destilovanou vodou je vysoce významné u *Bromus inermis* a zvýšení je vysoce významné u *Phalaris arundinacea*. Energie klíčení byla inhibována v sestupném pořadí *Bromus inermis* > *Festuca arundinacea* > *Arrhenatherum elatius* > *Dactylis glomerata* > *Poa pratensis* > *Phalaris arundinacea* > rodový hybrid HŽ-5-DK > *Alopecurus pratensis*, přičemž snížení energie klíčovosti u *Bromus inermis* a *Festuca arundinacea* je oproti kontrole (destilovaná voda) statisticky vysoce významné. Získané výsledky v souladu s literaturou dokazují, že látky obsažené v půdním roztoku lučních porostů jsou biologicky velmi účinné a mohou ovlivnit počáteční růst a vývoj introdukovaných druhů na lučním stanovišti v závislosti na citlivosti jednotlivých druhů, resp. odrůd. Chung, Miller (1995b) např. uvádějí, že zbytky trav ovlivňují růst a vývoj vojtěšky prostřednictvím alelochemikálií přítomných v rostlinných zbytcích. Grant, Sallans (1964) obdobně hodno-

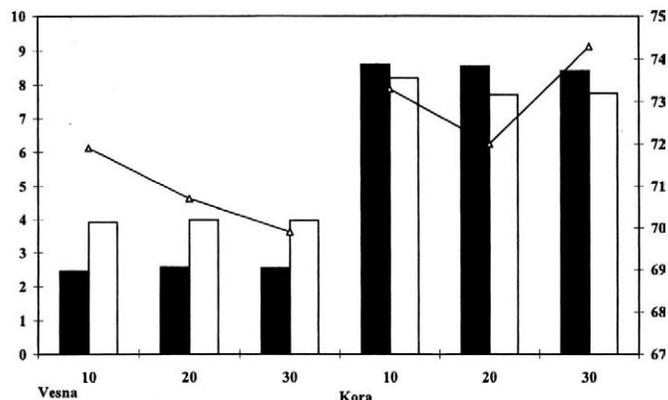
tí inhibiční působení čtyř jetelovin a čtyř trav na klíčivost a růst v přítomnosti vodních výluhů stejných druhů.

### Koncentrace půdních výluhů

V pokuse A jsme zjistili statisticky vysoce významné inhibiční působení koncentrace půdních výluhů v průměru travních druhů (tab. I, obr. 2) na energii klíčení, délku hypokotylu a kořenů *Trifolium pratense*, cv. Vesna při zvyšující se koncentraci půdního roztoku. Při koncentraci půdního výluhu 10 % hmotnostní vlhkosti půdy, což je stav, který odpovídá u daného půdního typu (fluvizem glejová) vlhkosti půdy za sucha, došlo ke snížení délky kořene *Trifolium pratense* z 2,60 na 2,26, délky hypokotylu z 4,19 na 3,67 a energie klíčovosti z 57,8 na 52,8 (arcsin  $\sqrt{\%}$ ), tj. vysoce průkazně oproti 30% hmotnostní vlhkosti půdy, tj. vlhkosti plně nasycené půdy po dešti. V pokuse B zvyšování koncentrace půdních výluhů z 30 na 10 %  $W_{hm1}$  v průměru hloubek odběrů a termínů přisevu (obr. 3,



2. Vliv koncentrací výluhů z půdních vzorků, měřených hmotnostní vlhkostí půdy, na délku kořene a hypokotylu a energii klíčovosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna v průměru travních druhů (pokus A) – Effect of concentrations of extracts from soil samples, measured by weight moisture of soil, on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna in average of grass species (experiment A)



3. Vliv koncentrací výluhů z půdních vzorků z pásových přisevů na délku kořene a hypokotylu a energii klíčovosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna a *Festuca arundinacea*, cv. Kora v průměru hloubek a termínů odběrů (pokus B) – Effect of concentrations of extracts from soil samples from band reseedings on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna and *Festuca arundinacea*, cv. Kora in average of depths and dates of samplings (experiment B)

II. Dvoufaktorová analýza variance alelopatického působení půdních výluhů z pásových přísěvů dočasněho travního porostu na délku kořene a hypokotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna v jednotlivých termínech odběru (pokus B) – Two-factor variance analysis of allelopathic action of soil extracts from band reseedings of temporary grassland on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna in different dates of sampling (experiment B)

Termín odběru <sup>7</sup>	Zdroj proměnlivosti <sup>1</sup>	f	Hodnocený znak <sup>2</sup>					
			délka kořene <sup>3</sup>		délka hypokotylu <sup>4</sup>		energie klíčivosti <sup>5</sup>	
			S	MS	S	MS	S	MS
T <sub>1</sub>	hloubka odběru <sup>6</sup>	4	4,46	1,12**	2,30	0,57**	197,80	49,45
	koncentrace půdního výluhu <sup>8</sup>	2	0,08	0,04	0,51	0,25	68,62	34,31
	opakování <sup>9</sup>	3	0,11	0,04	0,22	0,07	107,79	35,93
	interakce <sup>10</sup> hloubka x koncentrace	8	0,41	0,05	0,97	0,12	194,98	24,37
	reziduum <sup>11</sup>	42	1,89	0,04	4,57	0,11	2 131,16	50,74
T <sub>2</sub>	hloubka odběru	4	3,30	0,82**	2,51	0,63**	709,25	177,31**
	koncentrace půdního výluhu	2	0,22	0,11	0,10	0,05	245,48	122,74
	opakování	3	0,01	0,00	0,58	0,19	30,62	10,21
	interakce hloubka x koncentrace	8	0,31	0,04	0,90	0,11	257,86	32,23
	reziduum	42	1,74	0,04	6,23	0,15	1 710,42	40,72
T <sub>3</sub>	hloubka odběru	4	2,75	0,69**	3,01	0,75**	310,70	77,68*
	koncentrace půdního výluhu	2	0,13	0,06	0,19	0,09	3,95	1,97
	opakování	3	0,12	0,04	0,17	0,06	64,26	21,42
	interakce hloubka x koncentrace	8	0,36	0,04	0,67	0,08	210,09	26,26
	reziduum	42	0,94	0,02	2,60	0,06	1 106,35	26,34
T <sub>4</sub>	hloubka odběru	4	5,28	1,32**	1,55	0,39*	129,28	32,32
	koncentrace půdního výluhu	2	0,20	0,10*	0,10	0,05	169,33	84,67
	opakování	3	0,03	0,01	0,29	0,10	9,41	3,14
	interakce hloubka x koncentrace	8	0,55	0,07*	1,54	0,19	247,67	30,96
	reziduum	42	1,16	0,03	6,02	0,14	1 621,01	38,60

For I–11 see Tab. I

III. Třífaktorová analýza variance alelopatického působení půdních výluhů z pásových přísěvů dočasněho travního porostu na délku kořene a hypokotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna (pokus B) – Three-factor variance analysis of allelopathic action of soil extracts from band reseedings of temporary grassland on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna (experiment B)

Zdroj proměnlivosti <sup>1</sup>	f	Hodnocený znak <sup>2</sup>					
		délka kořene <sup>3</sup>		délka hypokotylu <sup>4</sup>		energie klíčivosti <sup>5</sup>	
		S	MS	S	MS	S	MS
Hloubka odběru <sup>6</sup>	4	13,1	3,27**	1,9	0,48**	457,3	114,33*
Termíny odběru <sup>7</sup>	3	1,2	0,42**	3,8	1,26**	100,4	33,45
Koncentrace půdního výluhu <sup>8</sup>	2	0,5	0,24**	0,2	0,1	157,8	78,9
Opakování <sup>9</sup>	3	0,1	0,02	0,1	0,04	121,7	40,58
Interakce <sup>10</sup> hloubka x termíny	12	2,7	0,23**	7,4	0,62**	889,7	74,14*
Interakce hloubka x koncentrace	8	0,7	0,09**	1,4	0,18	480,9	60,11
Interakce termíny x koncentrace	6	0,1	0,01	0,7	0,12	329,6	54,93
Interakce hloubka x termíny x koncentrace	24	0,9	0,04	2,6	0,11	429,7	17,90
Reziduum <sup>11</sup>	177	5,9	0,03	20,6	0,12	6 659,3	37,62

For I–11 see Tab. I

tab. III) inhibovalo délku kořenů *Trifolium pratense* z 2,55 na 2,46 (statisticky vysoce významně), účinnost na délku kořenů *Festuca arundinacea* byla neprůkazně stimulační. Vyšší koncentrace půdního výluhu vysoce významně stimulovala délku hypokotylu *Festuca arun-*

*dinacea* z 7,75 mm při 30%  $W_{hm_1}$  na 8,20 mm při 10%  $W_{hm_1}$ ; v délce hypokotylu *Trifolium pratense* a energii klíčivosti obou druhů nebyly mezi koncentracemi půdních výluhů rozdíly. Na úrovni testovaných druhů v jednotlivých termínech v průměru hloubek odběrů se

IV. Dvofaktorová analýza variance alelopatického působení půdních výluhů z pásových přisěvů dočasněho travního porostu na délku kořene a hypocotylu a energii klíčivosti *Festuca arundinacea*, cv. Kora v jednotlivých termínech odběru (pokus B) – Two-factor variance analysis of allelopathic action of soil extracts from band reseedings of temporary grassland on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Festuca arundinacea*, cv. Kora in different dates of sampling (experiment B)

Termín odběru <sup>7</sup>	Zdroj proměnlivosti <sup>1</sup>	f	Hodnocený znak <sup>2</sup>					
			délka kořene <sup>3</sup>		délka hypocotylu <sup>4</sup>		energie klíčivosti <sup>5</sup>	
			S	MS	S	MS	S	MS
T <sub>1</sub>	hloubka odběru <sup>6</sup>	4	285,61	71,40**	254,10	63,53**	774,20	193,55**
	koncentrace půdního výluhu <sup>8</sup>	2	7,11	3,55	1,44	0,72	109,55	54,78
	opakování <sup>9</sup>	3	7,32	2,44	4,72	1,57	154,65	51,55
	interakce <sup>10</sup> hloubka x koncentrace	8	86,84	10,86**	82,18	10,27**	465,82	58,23
	reziduum <sup>11</sup>	42	86,13	2,05	67,02	1,60	2 128,52	50,68
T <sub>2</sub>	hloubka odběru	4	119,90	29,98**	385,41	96,35**	135,83	33,96
	koncentrace půdního výluhu	2	6,07	3,04	11,63	5,82*	95,45	47,73
	opakování	3	0,22	0,07	2,06	0,69	26,17	8,72
	interakce hloubka x koncentrace	8	63,45	7,93**	64,30	8,04**	75,22	9,40
	reziduum	42	51,78	1,23	72,81	1,73	2 010,95	47,88
T <sub>3</sub>	hloubka odběru	4	137,76	34,44**	146,10	36,53**	239,02	59,75
	koncentrace půdního výluhu	2	7,16	3,58	4,80	2,40	53,29	26,64
	opakování	3	2,56	0,85	2,60	0,87	198,02	66,01
	interakce hloubka x koncentrace	8	41,34	5,17**	36,68	4,59**	299,96	37,50
	reziduum	42	59,53	1,42	61,53	1,47	2 007,29	47,79
T <sub>4</sub>	hloubka odběru	4	52,73	13,18**	37,86	9,46**	304,69	76,17
	koncentrace půdního výluhu	2	7,44	3,72	19,05	9,53**	167,81	83,90
	opakování	3	3,50	1,17	0,53	0,18	97,98	32,66
	interakce hloubka x koncentrace	8	53,77	6,72**	66,80	8,35**	55,38	6,92
	reziduum	42	60,69	1,45	63,56	1,51	1 311,34	31,22

For 1–11 see Tab. I

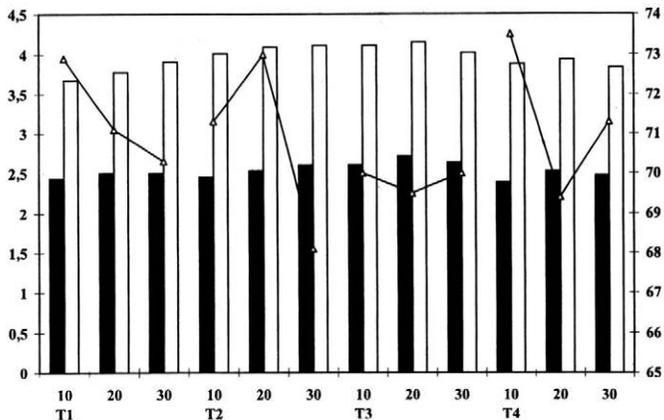
V. Třífaktorová analýza variance alelopatického působení půdních výluhů z pásových přisěvů dočasněho travního porostu na délku kořene a hypocotylu a energii klíčivosti *Festuca arundinacea*, cv. Kora (pokus B) – Three-factor variance analysis of allelopathic action of soil extracts from band reseedings of temporary grassland on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Festuca arundinacea*, cv. Kora (experiment B)

Zdroj proměnlivosti <sup>1</sup>	f	Hodnocený znak <sup>2</sup>					
		délka kořene <sup>3</sup>		délka hypocotylu <sup>4</sup>		energie klíčivosti <sup>5</sup>	
		S	MS	S	MS	S	MS
Hloubka odběru <sup>6</sup>	4	124,5	31,12**	228,3	57,08**	158,31	39,58
Termíny odběru <sup>7</sup>	3	131,1	43,72**	155,9	51,95**	229,43	76,48
Koncentrace půdního výluhu <sup>8</sup>	2	1,6	0,81	11,7	5,85*	204,94	102,47
Opakování <sup>9</sup>	3	3,7	1,22	5,7	1,91	319,0	106,33
Interakce <sup>10</sup> hloubka x termíny	12	471,5	39,29**	595,1	49,60**	1 295,43	107,95**
Interakce hloubka x koncentrace	8	112,7	14,09**	86,7	10,84**	190,99	23,87
Interakce termíny x koncentrace	6	26,2	4,36**	25,2	4,20*	221,16	36,86
Interakce hloubka x termíny x koncentrace	24	132,7	5,53**	163,2	6,80**	705,39	29,39
Reziduum <sup>11</sup>	177	268,1	1,51	269,1	1,52	7 615,92	43,03

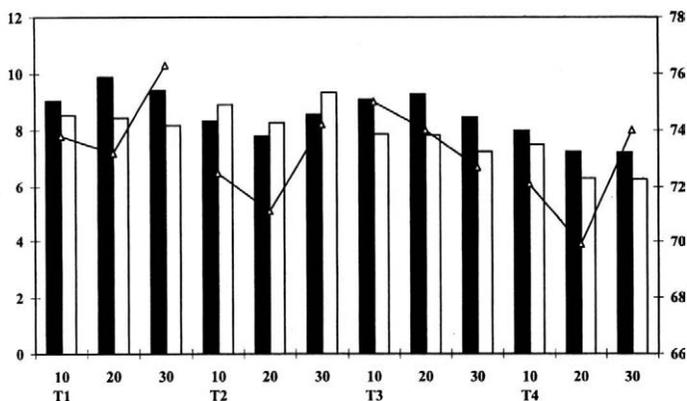
For 1–11 see Tab. I

koncentrace půdních výluhů v pokuse B projevily pouze v trendech bez statistické významnosti (obr. 4 a 5, tab. II a IV). Průkazné a vysoce průkazné rozdíly se ukázaly pouze v průměru termínů (tab. III a V), což si vysvětlujeme povětrnostním charakterem ročníku

1996, který byl srážkově nadprůměrný. Dešťové srážky zřejmě vymývají alelopatické látky do hlubších vrstev půdy, čímž snižují jejich koncentraci, a tím i alelopatické působení. V přesných lučních pokusech s přisěvy jsme zjistili (Kohoutek et al., 1995), že úspěšnost



4. Vliv koncentrací výluhů z půdních vzorků, měřených hmotnostní vlhkostí půdy, z pásového přívěsu dočasněho travního porostu na délku kořene a hypokotylu a energii klíčovosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna v průměru hloubek odběrů (pokus B) – Effect of concentrations of extracts from soil samples, measured by weight moisture of soil, from band reseeded of temporary grassland on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna in average of depths of samplings (experiment B)



5. Vliv koncentrací výluhů z půdních vzorků z pásového přívěsu ve čtyřech termínech, měřených hmotnostní vlhkostí půdy, na délku kořene a hypokotylu a energii klíčovosti *Festuca arundinacea*, cv. Kora v průměru hloubek odběrů (pokus B) – Effect of concentrations of extracts from soil samples from band reseeded in four dates, measured by weight moisture of soil, on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Festuca arundinacea*, cv. Kora in average of depths of samplings (experiment B)

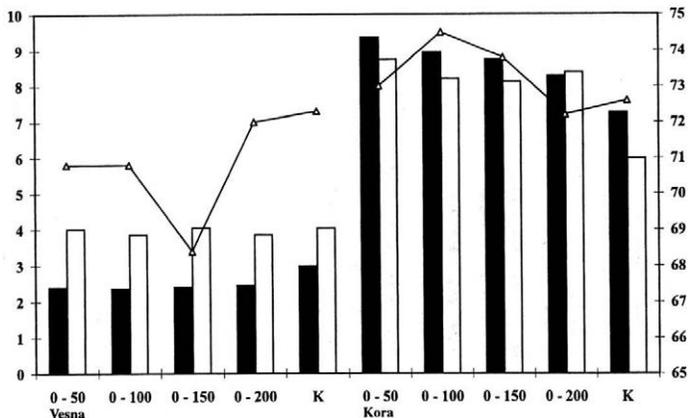
zakládání přívěsů se zvyšuje v mokřích letech, což se potvrdilo i v pásovéch přívěsech z roku 1996, které jsou velmi dobře zapojeny (K o h o u t e k et al., 1997).

#### Hloubky odběrů půdních vzorků

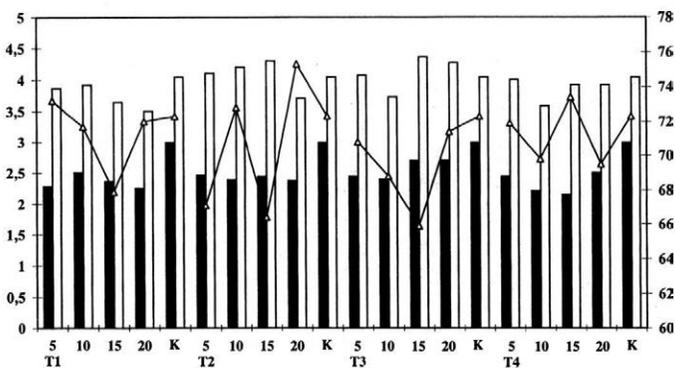
Půdní výluhy z jednotlivých hloubek odběru z pásového přívěsu do travních porostů v průměru termínů odběrů a koncentrací půdních vzorků (pokus B) se projeví rozdílně v závislosti na testovaných druzích (obr. 6). Půdní výluhy z jednotlivých hloubek odběrů snížily délku kořenů *Trifolium pratense* oproti destilované vodě z 2,99 na 2,46 až 2,37, inhibice byla statisticky vysoce významná (tab. II, III) u všech hloubek ve srovnání s destilovanou vodou, zatímco délka kořenů *Festuca arundinacea* byla výluhy stimulována z 7,26 na 8,29 až 9,36 mm (statisticky vysoce významně) ve srovnání s destilovanou vodou. Mezi jednotlivými hloubkami nejsou u *Trifolium pratense* významné rozdíly v délce kořene; u *Festuca arundinacea* jsou vysoce významné rozdíly mezi délkou kořenů u hloubky  $h_1$  (9,36 mm) ve srovnání s nižší délkou kořenů v hloubce

$h_4$  (8,29 mm). Délka hypokotylu byla neprůkazně inhibována u *Trifolium pratense* a statisticky vysoce významně stimulována u *Festuca arundinacea* (zvýšení délky hypokotylu z 5,98 na 8,12 až 8,74 mm) ve srovnání s destilovanou vodou; mezi hloubkami nejsou významné rozdíly. Energie klíčovosti byla ovlivněna nejméně, k mírné inhibici došlo u *Trifolium pratense* a k mírné stimulaci u *Festuca arundinacea*.

Výluhy půdních vzorků z jednotlivých hloubek odběru pásového přívěsu do travního porostu statisticky vysoce významně inhibují délku kořene *Trifolium pratense* ve všech termínech přívěsu a ve všech hloubkách (obr. 7, tab. II). Výluhy půdních vzorků z jednotlivých hloubek významně až vysoce významně v některých hloubkách stimulují délku kořene *Festuca arundinacea*, přičemž nelze vysledovat závislost na hloubce frézování (obr. 8, tab. IV) ve srovnání s kontrolou (destilovaná voda), vyskytly se i dva případy inhibice; snížení délky kořene v termínu  $T_4$  ze 7,26 na 5,81 mm bylo statisticky významné. Délka hypokotylu je inhibována v termínu  $T_1$  u *Trifolium pratense* a stimulována ve všech termínech u *Festuca arundinacea*, vysoce vý-



6. Vliv výluhů z půdních vzorků z pásového přisevu dočasněho travního porostu do čtyř hloubek na délku kořene a hypocotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna a *Festuca arundinacea*, cv. Kora v průměru termínů odběrů koncentrací půdních výluhů (pokus B) – Effect of extracts from soil samples from band re-seeding of temporary grassland in four depths on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna and *Festuca arundinacea*, cv. Kora in average of dates of samplings and concentrations of soil extracts (experiment B)



7. Vliv výluhů z půdních vzorků z pásového přisevu dočasněho travního porostu do čtyř hloubek ve čtyřech termínech na délku kořene a hypocotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna v průměru koncentrací půdních výluhů (pokus B) – Effect of extracts from soil samples from band re-seeding of temporary grassland in four depths in four dates on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna in average of concentrations of soil extracts (experiment B)

znamné rozdíly jsou mezi jednotlivými hloubkami, tendence nejsou jednoznačné a budou vyžadovat další studium.

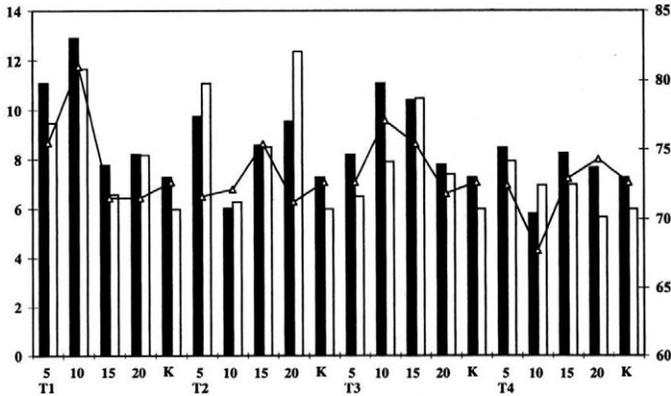
#### Termíny odběrů půdních vzorků

Výluhy z půdních vzorků odebraných z pásového přisevu do travního porostu ve čtyřech termínech přisevu (obr. 9, tab. III a V) ovlivnily statisticky vysoce významně délku kořenů a délku hypocotylu u obou testovaných druhů; energie klíčivosti nebyla termíny přisevu ovlivněna. U *Festuca arundinacea* jsou nejvyšší hodnoty délky kořene a hypocotylu (tj. nejmenší inhibice) v jarním termínu odběru a klesají k podzimním odběrům, zatímco u *Trifolium pratense* jsou nejvyšší hodnoty délky kořene a hypocotylu v termínech  $T_2$  a  $T_3$  a nejnižší na jaře a na podzim. Při přisevech je proto třeba v průběhu roku očekávat rozdílné alelopatické působení, které může významně ovlivnit jejich úspěšnost.

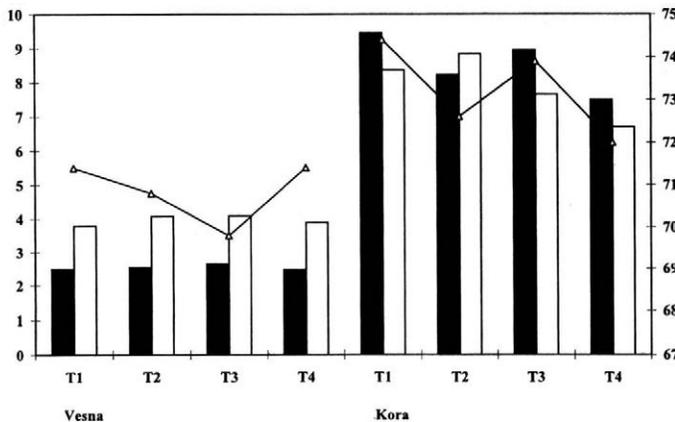
Je zřejmé, že v travním ekosystému jsou obsaženy specificky účinné látky, které mohou stimulovat či inhibovat počáteční růst a vývoj introdukovaných druhů v závislosti na koncentraci látek obsažených v půdním

roztoku, která je v průběhu roku variabilní a ovlivněná řadou faktorů. Výsledky mají praktický význam pro metodické oddělení konkurence travního porostu od alelopatického působení půdního roztoku travního porostu na přisevy do travních porostů. Použití metody lyofilizovaných půdních výluhů s ředěním na požadovanou hmotnostní vlhkost půdy se ukázalo jako nezbytné nutné k objektivnímu studiu alelopatik v půdách travních porostů. Výzkum v dané oblasti směřuje k determinaci alelopatických látek nacházejících se v travním ekosystému, protože hodnocení alelopatik z výluhů nadzemní biomasy, resp. z půdních výluhů doposud probíhá bez bližší charakteristiky chemického složení a koncentrace látek obsažených ve výluzech. V současné době jsou položeny velmi dobré základy k determinaci chemicky účinných látek novým přístrojovým vybavením na Ústavu chemie a biochemie MZLU v Brně (K u b á ň, 1997 – ústní sdělení), která předznamenává kvalitativně novou etapu studia alelopatik v travních ekosystémech v ČR.

Práce byla finančně podpořena grantem GA ČR č. 503/94/1289 Výzkum vzájemného působení kulturních druhů jetelovin a trav v travních ekosystémech.



8. Vliv výluhů z půdních vzorků z pásového přisevu dočasněho travního porostu do čtyř hloubek ve čtyřech termínech na délku kořene a hypokotylu a energii klíčivosti *Festuca arundinacea*, cv. Kora v průměru koncentrací půdních výluhů (pokus B) – Effect of extracts from soil samples from band reseeding of temporary grassland in four depths in four dates on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Festuca arundinacea*, cv. Kora in average of concentrations of soil extracts (experiment B)



9. Vliv výluhů z půdních vzorků z pásového přisevu dočasněho travního porostu ve čtyřech termínech na délku kořene a hypokotylu a energii klíčivosti *Trifolium pratense*, cv. Vesna a *Festuca arundinacea*, cv. Kora v průměru hloubek odběrů a koncentrací půdních výluhů (pokus B) – Effect of extracts from soil samples from band reseeding of temporary grassland in four dates on the length of root and hypocotyl and on energy of germination capacity of *Trifolium pratense*, cv. Vesna and *Festuca arundinacea*, cv. Kora in average of depths of samplings and concentrations of soil extracts (experiment B)

## LITERATURA

GRANT, E. A. – SALLANS, W. G: Influence of plant extracts on germination and growth of eight forage species. J. Br. Grass. Soc., 1964: 191–197.  
 CHUNG M. – MILLER, D. A.: Effect of plant and soil extracts on germination and growth of alfalfa. Agron. J., 87, 1995a: 762–767.  
 CHUNG, M. – MILLER, D. A.: Allelopathic influence of nine forage grass extracts on germination and seedling growth of alfalfa. Agron. J., 87, 1995b: 767–772.  
 KOHOUTEK, A.: Produkční schopnost a vytrvalost trav setých v jednoduchých směskách s jetelem lučním a jetelem plazivým na obnovných loukách. Rostl. Vyr., 40, 1994 (11): 1015–1025.

KOHOUTEK, A. et al.: Přisevy trav a jeteleln do travních porostů. [Výzkumná zpráva.] Jevíčko 1995. 90 s.  
 KOHOUTEK, A. et al.: Výzkum pásového přisevu jeteleln a trav do travních porostů. [Výzkumná zpráva.] Jevíčko 1997. 12 s.  
 MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Berlin 1958.  
 PEDERSON, G. A.: White clover seed germination in agar containing tall fescue leaf extracts. Crop Sci., 26, 1986: 1248–1249.  
 RICE, E. L.: Allelopathy. 2nd ed. Orlando, FL, Acad. Press 1984.

Došlo 30. 6. 1997

## Kontaktní adresa:

Ing. Alois Kohoutek, CSc., Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, Výzkumná stanice travních ekosystémů, K. H. Borovského 461, 569 43 Jevíčko, Česká republika, tel.: 0462/32 78 14, fax: 0462/32 78 14

# EFFECT OF COPPER ON GROWTH AND CHLOROPHYLL CONTENT OF SOME HERBS

## VPLYV MEDI NA RAST A OBSAH CHLOROFYLOV U NIEKTORÝCH DRUHOV BYLÍN

E. Masarovičová, M. Holubová

Comenius University, Faculty of Natural Sciences, Bratislava, Slovak Republic

**ABSTRACT:** The effect of heavy metals on growth and leaf chlorophyll content of three herbs originating from tolerant and sensitive populations was studied. Seeds of the *Agrostis stolonifera* L., *Melandrium rubrum* L. and *Rumex acetosela* L. were collected from the region with contaminated (tolerant population) and not-contaminated (sensitive population) soils. Seedlings of the above mentioned herbs were treated with different Cu concentrations and cultivated under laboratory conditions. Leaf chlorophyll content was determined in *Agrostis stolonifera* L. plants (tolerant and sensitive populations) cultivated in growth chamber before and after Cu application. The plants of both tolerant and sensitive populations accumulated higher Cu content in the leaves and roots. However, higher Cu content was in the roots than in the leaves as well as in the seedlings of tolerant than sensitive populations. Growth of the roots and shoots was reduced, but the first one was reduced faster. The index of tolerance (IT) was higher for the plants of tolerant population as the result of their adaptation to the higher metal content in the soil. The chlorophyll content was lower in Cu affected leaves of tolerant and sensitive populations. On the basis of plant adaptation to high metal content in the soil, these plants could grow, reproduce and cover anthropic substrates. Thus the tolerant plant populations could help to solve the problem concerning with recultivation of contaminated and degraded soils.

chlorophyll; copper; growth; tolerant and sensitive populations; herbs

**ABSTRAKT:** Zvýšený obsah ťažkých kovov (najmä Cu) v haldovom substráte po ťažbe rúd spôsobuje zníženie diverzity druhov rastlín ako následok rozdielnej druhovej tolerancie. Na sledovanej lokalite Piesky pri Starých horách (kraj Banská Bystrica, Slovensko) umožňuje vyššia medzidruhovú tolerancia druhom *Agrostis stolonifera* L., *Melandrium rubrum* L. a *Rumex acetosela* L. rásť a reprodukovať sa aj na metalickom substráte hald. Použitá koncentrácia Cu (0,3, 0,6, 4,0, 8,0 a 12,0  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) síce redukovali rast koreňov aj nadzemnej časti študovaných druhov tolerantnej (kontaminovaná pôda) a rezistentnej (nekontaminovaná pôda) populácie, ale v menšej miere u tolerantnej populácie z hald. Súčasne sa dokázala väčšia citlivosť rastu koreňov oproti rastu nadzemnej časti. Stupeň tolerancie sa kvantifikoval indexom tolerancie (IT), ktorý vyjadruje zmenu rýchlosti rastu koreňov po aplikácii Cu. Hodnoty IT u druhov vyskytujúcich sa na haldovom substráte boli vyššie ako u druhov populácie z nekontaminovanej oblasti, čo potvrdilo existenciu ich vnútrodruhej tolerancie. Prítomnosť ťažkých kovov (Cu) v substráte znížila aj obsah chlorofylov ( $a$ ,  $b$ ,  $a + b$ ) u populácií z haldového substrátu aj z nekontaminovaných oblastí. Viac bol negatívne ovplyvnený obsah chlorofylu  $b$ , čím sa zvýšil pomer chlorofylu  $a : b$ , avšak v menšej miere u rastlín tolerantnej populácie. Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že existencia tolerantných populácií uvedených bylínnych druhov môže byť kľúčom k riešeniu problémov spojených s rekultiváciou kontaminovaných a degradovaných pôd.

chlorofyl; meď; rast; tolerantné a citlivé populácie; byliny

### INTRODUCTION

Toxic effect of heavy metals is manifested on the different level of the structure and function of the plants: reduction of a growth and productivity, changes in membrane structure, metabolic processes or water and ion uptake. There were developed the specific mechanisms at the plants to enable them to grow and reproduce under contaminated conditions. One of these mechanisms is the existence of barriers as follows: production of calose, efflux of malate and citrate in to root

surroundings or production of the slime on the root surface (e.g. Horst, 1995; Ryan et al., 1995; Budíková et al., 1997). To the second mechanism belongs the ability of some plants to absorb and then to immobilize uptaken ions by specific proteins (stress-proteins and chaperons) such as phytochelatins and metallothioneins (Guy, 1990; Mistrík et al., 1996; Tamás et al., 1997). Tolerance of the plants to heavy metals is either genetically fixed or developed through adaptation processes. Species of genus *Agrostis*, *Deschampsia* or *Silene* produced ecotypes with the tol-

erance to higher metal concentration (mainly Cu, Pb and Zn) in the substrate (e.g. Banášová, 1976; Banášová et al., 1987). These findings possessed practical application in a recultivation of contaminated and degraded soils.

This paper reports the results of a study on the effect of different Cu concentrations on the growth and chlorophyll content in some herb species of the tolerant and resistant population.

## MATERIAL AND METHODS

Herb species *Agrostis stolonifera* L., *Melandrium rubrum* L. and *Rumex acetosella* L. were investigated. Seeds were sampled from the following localities:

- Piesky pri Starých horách (region Banská Bystrica, Central Slovakia, tolerant population), piles with heavy metals contaminated soils;
- Staré hory and Borinka (Little Carpathians, SW Slovakia, sensitive population), region with not-contaminated soils.

Soil samples were taken up from the same localities as the seeds. Chemical analyses (concentration estimations of Cu, Pb, Mn and Cd) were done spectrophotometrically using the standard procedures (Ing. A. Blažková) on the Institute of Irrigation Research, Bratislava. Density of the population and habitus of the plants were observed directly in the field.

### Plant cultivation and root test

Seeds of the plants sampled from contaminated locality were disinfected with 10% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and germinated in Petri dishes (cotton wool and filter paper with solution of 0.5 g Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> per l of water) in growth chamber under standard conditions: 25 °C, 80% relative air humidity and 125 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> photosynthetic photon flux density. Seeds of both variants (contaminated and not-contaminated) were treated with four increasing concentrations of CuSO<sub>4</sub>.5 H<sub>2</sub>O: 0.6, 4.0, 8.0 and 12.0 μM, respectively. As a control variant the seeds germinated in Petri dishes with Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> solution were used. After 10 days of cultivation, 90 seedlings of all variants were picked up and 14 days cultivated in a paper rolls under the same conditions. Thereafter the root length was estimated. Index of tolerance (IT) was calculated as follows:

$$IT = \frac{\text{root length of the plants treated with Cu}}{\text{root length of the plants without Cu}} \times 100$$

### Chlorophyll content determination

Pigment analysis has been done in the leaves of *Agrostis stolonifera* cultivated from the seeds in the pots with control, not-contaminated soils (Borinka, Little Carpathians) in growth chamber under the same conditions as the seedlings for the root test. There were used four variants:

1. plants grown from the seeds of tolerant population treated with Cu (5 g CuSO<sub>4</sub>.5 H<sub>2</sub>O per 1 kg soil),
2. plants grown from the seeds of tolerant population without Cu application,
3. plants grown from the seeds of sensitive population treated with Cu (5 g CuSO<sub>4</sub>.5 H<sub>2</sub>O per 1 kg soil),
4. plants grown from the seeds of sensitive population without Cu application.

After 10 days of cultivation, the leaf samples for pigment analyses were taken up. Chlorophyll content was determined in 80% acetone extract, measuring the absorbance at 645 and 663 nm by spectrophotometer SPECOL 20 (in detail see Masarovičová, 1997). Chlorophyll *a*, *b*, *a + b* were calculated according to Lichtenthaler (1987).

For statistical evaluation of the results the Mann-Whitney U-non-parametrical test has been used (Holubová, 1996).

## RESULTS

### Chemical analysis

The content of Cu, Pb, Mn and Cd in the leaves and roots of *Agrostis stolonifera* were determined. For the plants of tolerant population the higher Cu concentration was estimated in both, leaves (1.9 times) and the roots (4.2 times) than for the plants of sensitive population. The concentration of Mn was lower in the roots and shoots of the plants from tolerant population (Tab. I).

I. The content of Cu, Pb, Mn and Cd in the root and above-ground part of the *Agrostis stolonifera* plants cultivated in the contaminated soil of the piles

Content of metal	Population	Above-ground part of the plants	Root
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	sensitive	933	2 607
	tolerant	1 764	10 977
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	sensitive	14	16
	tolerant	12	16
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	sensitive	125	215
	tolerant	113	170
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	sensitive	0.6	0.7
	tolerant	0.6	1.0

### Root test and index of tolerance

Both root length and height of the plants decreased continually with the increasing Cu concentration. For the plants of sensitive population the greatest decline of root length occurred at 0.3, 0.6 and 4.0 μM Cu treatment. For the plants of tolerant population the decrease of root length was moderate and the most significant at 0.6 and 4.0 μM Cu treatment. Comparing the sensitive and tolerant populations, the most sensi-

tive from the all studied species to the Cu treatment was found *Agrostis stolonifera* (Tab. II).

The highest values of index of tolerance were found for all studied species of tolerant population (Tab. III).

#### Chlorophyll content determination

Pigment analysis confirmed that all chlorophyll components (Chl *a*, Chl *b*, Chl *a* + *b*) decreased in the *Agrostis stolonifera* leaves of both sensitive and tolerant populations under Cu treatment. The greatest decrease was found in Chl *b* content (Tab. IV).

#### DISCUSSION

Polymetallic ores were exploited in the locality Piesky pri Starých horách from middle age to the end of

the last century. By way of both exploitation and treatment of the metallic ores the piles appeared with the some of herb species (*Agrostis stolonifera* L., *Melandrium rubrum* L. and *Rumex acetosela* L.). Their expansion was limited by deficiency of humus and nutrients, low soil humidity and high content of metals (mainly Cu). As a pioneer species was earlier observed *Agrostis stolonifera*, at present *Melandrium rubrum* is dominant species with the highest cover (in detail see Prát, Komárek, 1934; Banášová, 1976). Similarly, Hunter et al. (1987) or Karatagli (1980) found that species of genus *Agrostis* belong to the plants which occupy the soils contaminated by Cu.

There was estimated 12 700 mg Cu and 70 mg Pb per kg of soil on the studied localities. The control samples from locality Borinka contained only 20 to 80 mg Cu and 15 to 50 mg Pb per kg of soil. Comparable piles in Europe are in North Wales, Parys Moun-

II. Root length (mm) of *Agrostis stolonifera*, *Melandrium rubrum* and *Rumex acetosela* plants from sensitive and tolerant populations cultivated under different Cu concentrations

Species	Populations	Cu concentration (μM)					
		Control	0.3	0.6	4.0	8.0	12.0
<i>Agrostis stolonifera</i>	sensitive	31.90 ± 0.08	6.38 ± 0.02**	6.65 ± 0.08**	2.26 ± 0.01**	1.52 ± 0.01**	1.77 ± 0.01**
	tolerant	27.70 ± 0.11	26.30 ± 0.13	19.40 ± 0.08	4.30 ± 0.02**	2.50 ± 0.01**	2.70 ± 0.01**
<i>Melandrium rubrum</i>	sensitive	34.00 ± 1.29		23.45 ± 0.99	18.75 ± 0.88**	11.80 ± 0.61**	7.85 ± 0.54**
	tolerant	25.50 ± 1.21		19.90 ± 1.09	17.40 ± 0.70*	12.55 ± 0.57**	10.40 ± 0.44**
<i>Rumex acetosela</i>	sensitive	30.50 ± 1.17		27.70 ± 0.97	12.80 ± 0.46**	9.35 ± 0.40**	11.55 ± 0.42**
	tolerant	26.50 ± 0.95		22.45 ± 0.78	11.10 ± 0.52**	12.10 ± 0.45**	11.50 ± 0.38**

Significant differences between the control and Cu treated plants are indicated by \* ( $P = 0.05$ ) or \*\* ( $P = 0.01$ )

III. Mean values of the index of tolerance found for *Agrostis stolonifera*, *Melandrium rubrum* and *Rumex acetosela* plants from sensitive and tolerant populations cultivated under different Cu concentrations

Species	Population	Cu concentration (μM)				
		0.3	0.6	4.0	8.0	12.0
<i>Agrostis stolonifera</i>	sensitive	20.3	18.4	7.1	4.3	5.5
	tolerant	96.0	78.8	16.0	8.9	10.3
<i>Melandrium rubrum</i>	sensitive		69.1	55.2	34.8	23.1
	tolerant		78.1	68.2	49.4	40.8
<i>Rumex acetosela</i>	sensitive		90.9	41.9	30.7	26.6
	tolerant		84.6	57.7	45.6	43.4

IV. The values of chlorophyll content (Chl *a*, Chl *b*, Chl *a* + *b*) and chlorophyll *a* : *b* ratio in the leaves of *Agrostis stolonifera* plants from sensitive and tolerant populations cultivated in the control conditions or under Cu application

Population	Cu treatment	Pigments (mg·g <sup>-1</sup> d. m.)			
		Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Chl <i>a</i> + <i>b</i>	Chl <i>a</i> : <i>b</i> ratio
Sensitive	+Cu	8.15 ± 0.69	3.35 ± 0.37	11.50 ± 0.94	2.93 ± 0.53
Sensitive	-Cu	9.97 ± 0.86	6.33 ± 1.08	16.30 ± 1.52	1.60 ± 1.12
Tolerant	+Cu	8.60 ± 0.38	4.53 ± 0.19	13.11 ± 0.57	1.90 ± 0.01
Tolerant	-Cu	11.26 ± 0.96	8.40 ± 0.79	19.66 ± 1.64	1.33 ± 0.94

tain, and Trelogan: 4 360 mg Cu and 11 900 mg Pb per kg of soil (Karataglis, 1980), Merseyside (NW England): 11 000 mg Cu per kg of soil (Hunter et al., 1987), locality Prescot near Liverpool: maximal concentration 53 000 mg Cu per kg of soil (Wu et al., 1975).

The ability of plant population to tolerate intoxicated substrate depends on their physiological and biochemical adaptation against present ecological conditions. The basis of this adaptation is avoidance (barrier against ion uptake) or tolerance (accumulation and immobilization of uptaken ions) (e.g. Baker, 1987; Punz, Sieghardt, 1993). Presented results confirmed the tolerance as the basis of plant adaptation.

The metal components significantly influenced also growth processes. Banášová (1976), Ernst et al. (1990) or Banášová, Holub (1993) found decline of biomass production by 40%. The species of *Agrostis stolonifera* and *Rumex acetosela* showed the low height of the above-ground part of the plants on the studied locality.

As the roots are in primary contact with the uptaken metal ions, their growth is faster influenced than those of shoots. Therefore Wilkins (1978) suggested the index of tolerance (IT) as the most sensitive parameter for testing of root growth processes. It was found that inhibition of root growth by Cu ions was higher than those of shoot growth and reduction of root length was faster for the plants of sensitive population (e.g. Karataglis, 1987). Presented results confirmed that all Cu concentrations caused the decrease of root length and height of the plants of both tolerant and sensitive populations. However, length reduction was faster and IT was lower for the plants of sensitive population. The higher IT values for the plants of contaminated soil (tolerant population) were also found by Symeonidis et al. (1985), Baker (1987), Ernst et al. (1992).

The chlorophyll content is one of the most investigated physiological (but not specific) characteristics used for identification of physiological disturbance owing to the consequence of immission impact (Masarovičová et al., 1996). The most frequent finding is that the both air pollutants (e.g. Masarovičová, 1992) or heavy metals (Masarovičová, 1989) caused the decrease of the total chlorophyll content. Presented results also confirmed the decrease of leaf chlorophyll content in studied herbs and therefore they are in good coincidence with the findings of the other authors (Stiborová et al., 1987; Rousos et al., 1989; Droppa, Horváth, 1990; Fernandes, Henriques, 1991; Ouzounidou et al., 1994). As the chlorophyll *b* content after Cu treatment decreased faster than chlorophyll *a*, the values of *a* : *b* ratio were higher. However, decrease of chlorophyll *a* : *b* ratio was lower for the plants of tolerant population. Similar tendency found Masarovičová (1989) for the oaks and Stiborová et al. (1987) for the barley and maize leaves treated by heavy metals.

Presented results confirmed the existence of different intraspecific tolerance of population to the heavy metals. These plants could adapt on the high metal content in the soil and could grow, reproduce and cover anthropic substrates. Therefore the tolerant plant populations could be the key for the solution of problems concerning with recultivations of contaminated and degraded soils.

#### Acknowledgements

The authors are grateful to Mrs. Evelýna Khandlová for her technical assistance.

#### REFERENCES

- BAKER, A. J. M.: Metal tolerance. *New Phytol.*, 106, 1987: 93–111.
- BANÁSOVÁ, V.: Vegetácia medených a antimónových háld. Bratislava, Veda 1976: 1–109.
- BANÁSOVÁ, V. – HOLUB, Z.: Response of *Coronilla L.* populations to environmental pollution by mercury and other pollutants. *Biologia (Bratislava)*, 48, 1993: 403–406.
- BANÁSOVÁ, V. – HOLUB, Z. – ZELENÁKOVÁ, E.: The dynamic, structure and heavy metal accumulation in vegetation under long-term influence of Pb and Cu immissions. *Ekológia (Bratislava)*, 6, 1987: 101–111.
- BUDÍKOVÁ, S. – ČIAMPOROVÁ, M. – OVEČKA, M. – POLONYI, J.: Structural characterization of maize root tip cells under aluminium stress. *Acta F.R.N.U. Comen. Physiol. Plant.*, 29, 1997: 47–52.
- DROPPA, M. – HORVÁTH, G.: The role of copper in photosynthesis. *Crit. Rev. Pl. Sci.*, 9, 1990: 111–123.
- ERNST, W. H. O. – SHAT, H. – VERKLEIJ, J. A. C.: Evolutionary biology of metal resistance in *Silene vulgaris*. *Evol. Tr. Pl.*, 4, 1990: 45–51.
- ERNST, W. H. O. – VERKLEIJ, J. A. C. – SHAT, H.: Metal tolerance in plants. *Acta Bot.*, 41, 1992: 229–248.
- FERNANDES, J. C. – HENRIQUES, F. S.: Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plant. *Bot. Rev.*, 57, 1991: 247–273.
- GUY, C. L.: Cold acclimation and freezing stress tolerance. Role of protein metabolism. *Ann. Rev. Pl. Physiol., Pl. Mol. Biol.*, 41, 1990: 187–223.
- HOLUBOVÁ, M.: Vnútrodrohová tolerancia rastlín na účinnok ťažkých kovov. [Dipl. Thesis.] Bratislava, Comen. Univ. 1996: 1–104.
- HORST, W. J.: The role of apoplast in aluminium toxicity and resistance of higher plants: A review. *Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkd.*, 158, 1995: 419–428.
- HUNTER, B. A. – JOHNSON, M. S. – THOMPSON, D. J.: Ecotoxicology of copper and cadmium in a contaminated grassland ecosystem. *J. Appl. Ecol.*, 24, 1987: 573–586.
- KARATAGLIS, S. S.: Zinc and copper effects on metal-tolerant and non-tolerant clones of *Agrostis tenuis*. *Pl. Syst. Evol.*, 134, 1980: 173–182.

- KARATAGLIS, S.: Estimation of the toxicity of different metals, using as criterion of the degree of root elongation in *Triticum aestivum* seedlings. *Phyton*, 26, 1987: 209–217.
- LICHTENTHALER, H. K.: Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Meth. Enzymol.*, 148, 1987: 350–382.
- MASAROVIČOVÁ, E.: Antropogénne vplyvy na fyziologické a biochemické charakteristiky lesných drevín. In: PAULECH, C. – ZÁLETOVÁ, E. (eds): Zbor. Ref. Patologická fyziológia rastlín, Bratislava, Veda 1989: 477–485.
- MASAROVIČOVÁ, E.: Growth and leaf photosynthetic activity in pollution damaged oak saplings. *Photosynthetica*, 27, 1992: 505–512.
- MASAROVIČOVÁ, E.: Measurements of plant photosynthetic activity. In: PESSARAKLI, M. (ed.): Handbook of photosynthesis. New York, Basel, Hong Kong, Marcel Dekker Inc. 1997: 769–801.
- MASAROVIČOVÁ, E. – CÍČÁK, A. – ŠTEFANČÍK, I.: Ecophysiological, biochemical, anatomical and production characteristics of beech (*Fagus sylvatica* L.) leaves from regions with different degree of immission impact. *Ekológia* (Bratislava), 15, 1996: 337–351.
- MISTRÍK, I. – ČIAMPOROVÁ, M. – TAMÁS, L. – SKLENÁR, J. – LUXOVÁ, M. – OVEČKA, M.: Structural and functional responses of maize plants to phytotoxic effects of aluminium. 10th FESPP Congr. Florence, Italy, 1996. 21 pp.
- OZOUNIDOU, G. – SYMEONIDIS, L. – BABALONAS, D. – KARATAGLIS, S.: Comparative responses of a copper-tolerant and a copper-sensitive population of *Minertia hirsuta* to copper toxicity. *J. Pl. Physiol.*, 144, 1994: 109–115.
- PRÁT, S. – KOMÁREK, K.: Vegetace u měděných dolů. In: Sbor. Mas. Akad. Práce, 8, 1934: 1–16.
- PUNZ, W. F. – SIEGHARDT, H.: The response of root of herbaceous plant species to heavy metal. *Envir. Exp. Bot.*, 1, 1993: 85–98.
- ROUSOS, P. A. – HARRISON, H. C. – STEFFEN, K. L.: Physiological responses of cabbage to incipient copper toxicity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114, 1989: 149–152.
- RYAN, P. R. – DELHAIZE, E. – RANDAL, P. J.: Malate efflux from root apices and tolerance to aluminium are highly correlated in wheat. *Austral. J. Pl. Physiol.*, 22, 1995: 521–536.
- STIBOROVÁ, M. – DITRICOVÁ, M. – BŘEZINOVÁ, A.: Effect of heavy metal ions on growth and biochemical characteristics of photosynthesis of barley and maize seedlings. *Biol. Plant.*, 6, 1987: 453–467.
- SYMEONIDIS, L. – McNEILLY, T. – BRADSHAW, A. D.: Differential tolerance of three cultivars of *Agrostis capillaris* L. to cadmium, copper, lead, nickel and zinc. *New Phytol.*, 101, 1985: 309–315.
- TAMÁS, L. – HUTTOVÁ, J. – ŽIGOVÁ, Z.: Accumulation of stress-proteins in intercellular spaces of barley leaves induced by biotic and abiotic factors. *Biol. Plant.*, 39, 1997: 387–394.
- WILKINS, D. A.: The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. *New Phytol.*, 80, 1978: 623–633.
- WU, L. – BRADSHAW, A. D. – THURMAN, D.: The potential for evolution of heavy metal tolerance in plants. III. The rapid evolution of copper tolerance in *Agrostis stolonifera*. *Heredity*, 34, 1975: 165–187.

Received on January 19, 1998

---

Contact Address:

Prof. RNDr. Elena Masarovičová, DrSc., Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina B-2, 842 15 Bratislava, Slovenská republika, tel.: 00421 7/60 29 66 47, fax: 00421 7/65 42 90 64, e-mail: masarovicova@fns.uniba.sk

---

# Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

## Osemdesiatiny akademika Emila Špaldona

Dňa 12. mája 1998 sa dožil osemdesiatich rokov významného poľnohospodársky vysokoškolský učiteľ a vedec akademik Emil Špaldon.

Vyrastal v početnej garbiarskej rodine v prostredí chudobnej kopaničiarskej oblasti Čadce. Diplom poľnohospodárskeho inžiniera získal na Slovenskej vysokej škole technickej v Bratislave. Po ukončení vysokoškolského štúdia nastúpil do Družstva pre pestovanie papriky v Pate, kde sa stal riaditeľom. Mladý ambiciózný a pre vedu zaniatený poľnohospodársky odborník sa aktívne zapojil do riešenia otázok pestovania a spracovania papriky na Slovensku.

V roku 1947 bol jubilant ustanovený za profesora a zároveň vedúceho katedry rastlinnej výroby Vysokej školy poľnohospodárskeho a lesníckeho inžinierstva v Košiciach, z ktorej neskôr vznikla Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre. Od tohto dátumu bola jeho vedecká, pedagogická a organizátorská práca úzko spojená s rozvojom vysokého poľnohospodárskeho školstva na Slovensku.

S jeho pôsobením je spätá i výstavba VŠP v Nitre, budovanie jej organizačnej štruktúry a vedeckého profilu. Pričinil sa o to podstatným spôsobom v rokoch 1952 až 1958 ako dekan agronomickej fakulty a v rokoch 1958 až 1966 ako rektor VŠP. Pôsobil tiež ako riaditeľ Ústavu biologickej racionalizácie poľnohospodárstva VŠP v rokoch 1982 až 1991. Do dôchodku odišiel 30. 6. 1991.

Akademik Špaldon svoje organizačné schopnosti a vedeckú erudíciu prejavil pri organizovaní vedeckého života na VŠP i v rámci SAV a ČSAV. Pod jeho vedením sa konali prvé vedecké podujatia, zamerané na semenárstvo, pestovanie tabaku, hustosiatych obilnín a ďalších plodín, zúrodňovanie pieskov, a najmä celoštátne konferencie *Teória a prax vysokých úrod* sa stali skutočnou školou agronomickej teórie a praxe pestovania obilnín na Slovensku. Bol prvým predsedom redakčnej rady časopisu *Poľnohospodárstvo* a členom tejto rady je dodnes.

VŠP v Nitre sa pod jeho vedením stala uznávanou vedecko-pedagogickou inštitúciou, podľa neho sa hodnotila i úroveň školy. Ako člen ČSAZ, SAV a ČSAV sa aktívne podieľal na organizácii vedeckého života na Slovensku, najmä vo funkcii vedeckého tajomníka SAV a člena predsedníctva SAV a ČSAV v rokoch 1966 až 1970.

Vedecká osobnosť akademika Špaldona prerástla slovenské, resp. česko-slovenské rozmery. Ako profesor sa podieľal na výchove niekoľkých generácií našich agrónomov, s ktorými ešte aj teraz naďalej úzko spolupracuje. Svojimi mimoriadnymi organizačnými schopnosťami a hĺbkou vedeckej argumentácie sa mu podarilo presvedčiť predstaviteľov štátnej správy, že výroba potravín a výživy obyvateľstva je vecou celospoločenskou. Vďaka tomu sa poľnohospodárstvo stalo prioritou hospodárskej politiky.

Sen viacerých generácií o sebaistočnosti v hlavných poľnohospodárskych produktoch a naplnení potravinového koša lacnými potravinami z domácich zdrojov sa nielen dosiahol, ale vo viacerých komoditách sa Československo stalo exportérom. S osobou akademika Špaldona je spojené teoretické rozpracovanie vedecky zdôvodneného systému komplexnej agrotechniky, vrátane delenej výživy rastlín ozimnej pšenice v našich podmienkach, známeho pod názvom „nitratácia“, a neskôr komplexnej výživy rastlín, založenej na bilancii zá-

sob živín v pôde a na potrebe porastu dosiahnuť požadovaný úrodu, čo umožnilo výrazne racionalizovať hnojenie rastlín a obmedziť jeho negatívny vplyv na životné prostredie.

Sústavná nespokojnosť s dosiahnutými výsledkami práce, neustály hlad po nových informáciách a poznatkoch tak z rastlinnej výroby, ako aj z príbuzných vedných disciplín, prinášala nové názory, teórie a prístupy, spracované do ucelených pestovateľských technológií a spôsobov hodnotenia úrovne agronomickej práce. Všetko to smerovalo k maximálnemu využitiu úrodotovorného potenciálu pestovaných druhov a odrôd poľných rastlín s cieľom optimálne využiť bioenergetický potenciál agroekologického prostredia, čo tvorí základ po prvýkrát ním formulovaného princípu biologickej racionalizácie v rastlinnej výrobe. Túto cestu v rastlinnej výrobe pokladal za perspektívnu, pretože zabezpečí racionálnu intenzifikáciu výroby obilnín a ďalších poľnohospodárskych rastlín pri zachovaní kritérií na ochranu prírodného prostredia a na zabezpečenie ekologickej a zdravotnej nezávadnosti produktov.

Akademik Špaldon výrazne ovplyvnil úroveň nášho obilninarstva, ktoré patrilo medzi desať najlepších vo svete a i v súčasnosti, keď poľnohospodárstvo zápasí s ekonomickými problémami, pestovanie hustosiatych obilnín si stabilne udržuje dobrú úroveň. Prednášal a publikoval svoje práce v Juhoslávii, Taliansku, Sovietskom zväze, Nemecku, Maďarsku, Poľsku, Rumunsku, USA a v ďalších krajinách. Vo funkcii rektora VŠP sa osobne pričínil o vytvorenie rozsiahlej vedeckej spolupráce s viacerými vysokými školami v zahraničí.

Akademik Špaldon ako autor množstva vedeckých prác, monografií, vysokoškolských učebníc, odborných publikácií i ako organizátor vedeckého života a vysokoškolský pedagóg je známy aj v zahraničí, čoho dôkazom je i udelenie čestného doktorátu Poľnohospodárskou univerzitou v Gödöllő (MR) a Univerzitou poľnohospodárskych vied v Bukurešti i menovanie členom Vojvodinskej akadémie vied v Juhoslávii (teraz Srbskej akadémie vied a umení). Pri príležitosti osláv 50. výročia vzniku Agronomickej fakulty VŠP mu bol udelený titul *doctor honoris causa*.

Okrem vedeckej a pedagogickej činnosti sa plne venoval riadiacej a organizačtorskej práci. Bol členom viacerých rezortných komisií, poslancom SNR, členom komise pre poľnohospodárstvo a potravinársky priemysel, členom predsedníctva štátnej komise pre udeľovanie vedeckých hodností, predsedom sekcie ČSAV pre rozvojové krajiny, predsedom celoštátnej komise pre obhajoby doktorských prác zo špeciálnej rastlinnej výroby a členom ďalších vedeckých a odborných orgánov.

Usilovnosť, hĺbevnosť, cieľavedomosť a vzácna zaniatenosť pre vec priniesla celospoločenské prínosy, ktoré boli ocenené najvyššími štátnymi orgánmi. Jubilant je laureátom viacerých štátnych cien a štátnych vyznamenaní. Je nositeľom striebornej a zlatej medaily ČSAV „Za zásluhy o vedu a ľudstvo“ a zlatej medaily SAV „Za zásluhy o spojenie vedy s praxou“.

Ani osemdesiatka ho nezastavuje v jeho tempe, tvorivosti a zaniatení, naďalej sleduje dianie v poľnohospodárstve a činnosť na Agronomickej fakulte SPU v Nitre ako člen jej vedeckej rady.

Prof. Ing. Ivan Michalík, DrSc.

# VLIV APLIKACE ČISTÍRENSKÝCH KALŮ NA AKUMULACI RTUTI V ROSTLINÁCH

## THE EFFECT OF SEWAGE SLUDGE APPLICATION ON THE ACCUMULATION OF MERCURY IN PLANTS

J. Balík, P. Tlustoš, J. Száková, R. Blahník

*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The effect of sewage sludge application on the accumulation of Hg in plants was investigated in model pot experiments. Two sewage sludges Praha and Pisek containing  $5.64 \pm 0.51$  and  $3.89 \pm 0.25$  mg.kg<sup>-1</sup> of dry matter, respectively, were applied (Tab. I). Three soils and four crops were tested in the experiment (Tab. II and III). Direct and subsequent effects of sewage sludge application were investigated. Sludge was applied as a fresh material following common agriculture practice. Hg was determined by atomic absorption spectrometer AMA-254. The highest yield effect of sludge application was found at the least fertile soil – fluvisols (Fig. 1 and 2). The sludge applied at the rate 3.33 g dry matter per kg of soil has not almost effected the Hg concentration in plants in the first year of planting. The highest Hg content was found in barley straw and in poppy seeds, the lowest in barley grain. Hg concentration increased by 55% on average of all growing crops in the subsequent planting period when compared to the first one. Similar effect was found at treated and untreated soil, that is why we can assume drying of the soil and rewetting next spring made an additional release of Hg probably from roots of the first crop or from organic bounds of Hg in soils. The second part of the experiment was focused on the determination of available Hg pool by three extractants (2M HNO<sub>3</sub>, 0.1M CaCl<sub>2</sub>, and 0.01M CaCl<sub>2</sub>) in soil samples taken when crops were harvested (Tab. V and VI). Results showed almost negligible effect of sewage sludge application on soil Hg accumulation. Three treatments were applied in 1995 and five in 1996 with significant decrease of Hg in soil extracts at sludge treated soils compared to zero treatments. Significant increase of Hg soil concentration was only found at one treatment each year. Fig. 3 and 4 showed the relative amount of extractable Hg by different extractants compared to total Hg content in soil. The 2M HNO<sub>3</sub> released 29 to 66% of total Hg depended on soil and planting period. The highest amount was extracted at fluvisols (49% in 1995, and 66% in 1996). That soil has the lowest content of organic matter. Suchdol soil has the highest Hg content and high sorption capacity corresponding with higher content of humic substances. The 2M HNO<sub>3</sub> released 29% of total Hg in 1995, and 47% in 1996. Both 0.1M CaCl<sub>2</sub> and 0.01M CaCl<sub>2</sub> released low amount of Hg at all soils with the maximum from 7 to 12% at fluvisols again. The effect of growing crop on the extractability of Hg is shown in Fig. 5, 6 and 7. Regardless of soil the highest extractable amount of Hg was released at maize treatments and the lowest at poppy treatments. The mentioned results support the idea of important effect of organic compound on the Hg sorption and the effect of growing crop on the Hg mobilisation. The relationship among soil Hg released by individual extractants and plant Hg content was described by linear regression (Tab. VII). The results showed weak relationship among almost all tested treatments and a necessity to test extractants releasing organically bound Hg.

sewage sludge; mercury; Hg content in plants; soil extractants

**ABSTRAKT:** V nádobových vegetačních pokusech byl zjišťován vliv čistírenských kalů na obsah Hg v rostlinách. Byly použity dva různé kaly o průměrném obsahu Hg. Sledování proběhla na třech různých zemínách (černozem, hnědozem, fluvizem) a se čtyřmi různými plodinami (mák, ječmen, kukuřice, oves). Bylo ověřováno přímé a následné působení čistírenských kalů. Stanovení Hg bylo uskutečněno na atomovém spektrometru AMA-254. Při použité dávce (16,65 g sušiny na 5 kg zeminy) nebyl zjištěn po aplikaci kalů zvýšený obsah Hg v rostlinách. Nejvyšší obsahy byly stanoveny ve slámě ječmene a v semeni máku, nejnižší v zru ječmene. Ve druhém roce pokusů byl obsah Hg v rostlinách u všech variant v průměru cca o 55 % vyšší. Dále byl sledován obsah Hg v půdě při použití různých extrakčních činidel (2M HNO<sub>3</sub>, 0,1M CaCl<sub>2</sub>, 0,01M CaCl<sub>2</sub>). Nebyl prokázán vztah mezi množstvím Hg v jednotlivých extraktantech a obsahem Hg v rostlinách.

čistírenské kaly; rtuť; obsah Hg v rostlinách; půdní extraktanty

## ÚVOD

Čistírenské kaly jsou velice specifické hmoty, které obsahují organické látky, množství živin, ale současně také celé spektrum rizikových prvků a organických polutantů. V ČR zaznamenáváme v současnosti významný nárůst jejich produkce. Z celé řady rizikových prvků (Cd, Zn, Ni aj.), kterým je věnována pozornost výzkumu, jsme se v našich experimentech zaměřili na rtuť (Hg). Jak také vyplývá z kontrolní činnosti ÚKZÚZ (Hauptman, Froněk, 1997), převyšuje právě nejčastěji obsah Hg v kalech povolenou úroveň.

Obsah Hg v půdách je dán především pedogenetickými podmínkami (Brümmer et al., 1991). V půdách s vysokým obsahem Hg v matečné hornině může činit až 40 mg.kg<sup>-1</sup> (Scheffer, Schachtschabel, 1992). Většinou však na nekontaminovaných půdách činí 0,02 až 0,5 mg Hg.kg<sup>-1</sup> (převážně do 0,1 mg Hg.kg<sup>-1</sup>). V oblastech s vysokou vulkanickou činností a emisemi Hg mohou být značně zvýšeny přirozené obsahy Hg v půdě. Obsah Hg v ornici je výrazně vyšší než v podornici. Scheffer, Schachtschabel (1992) uvádějí souvislost mezi obsahem Hg v ornici a obsahem organické hmoty. V podornici roste podíl Hg vázané na oxidy železa a manganu a na jílové minerály.

V půdním roztoku se mohou vyskytovat (v závislosti na pH a složení roztoku) ionty Hg<sup>2+</sup>, rtuťnaté komplexy (HgOH<sup>+</sup>, Hg(OH)<sub>2</sub><sup>0</sup>, HgCl<sup>+</sup>, HgCl<sub>2</sub><sup>0</sup>, HgCl<sub>3</sub><sup>-</sup>, HgCl<sub>4</sub><sup>2-</sup>) a stabilní organické komplexy. Rozpustost Hg v půdě je velmi nízká. V půdních roztocích řady půd byly stanoveny hodnoty v intervalu 0,2 až 11,0 µg Hg.l<sup>-1</sup> a v průměru 1,0 µg Hg.l<sup>-1</sup> (Bradford et al., 1971). V lyzimetrických vodách z půd s mírně kyselou a neutrální reakcí nebyla Hg stanovena. Nízké obsahy jsou uváděny pouze na extrémně kyselých půdách. Příčinou je pravděpodobně pohyb Hg s vysokomolekulárními huminovými kyselinami (Wimmer, 1974).

Hlavní ztráta Hg z půdy je těkáním. Především aerobní mikroorganismy redukují rtuťnaté sloučeniny pomocí enzymatických reakcí na páry Hg, které volatilizují z půdy (Landa, 1978). V důsledku mikrobiální činnosti mohou vznikat metylované sloučeniny Hg (Kolář, 1988).

Především organické sloučeniny sorbují Hg do velmi pevných vazeb, které ji chrání před další sublimací, vyplavením nebo příjmem rostlinami. Jak uvádějí

Scheffer, Schachtschabel (1992), je tato sorpce příčinou malé přijatelnosti Hg z čistírenských kalů, které mají relativně vysoký podíl organické hmoty s -SH a -S-S skupinami. Podle Gerritse et al. (1982 – cit. Cibulka et al., 1991) naopak aplikace čistírenských kalů zvyšuje mobilitu prvků, včetně Hg.

Cílem práce bylo určit vliv aplikace čistírenských kalů na obsah Hg v rostlinách a dále sledovat obsahy Hg v půdě při použití různých extrakčních činidel a jejich vztah k příjmu Hg rostlinami.

## MATERIÁL A METODA

Čistírenské kaly byly testovány v nádobových pokusech v letech 1995 a 1996 (tab. I). Byly použity tři zeminy z lokality Suchdol (degradovaná černozem), Červený Újezd (hnědozem) a Přerov nad Labem (fluvizem) (tab. II). Navážka suché zeminy činila 5 kg na nádobu. Kontrolní varianta byla zvolena jako NPK hnojení. Dávka dusíku (v NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) byla rozdílná v závislosti na plodině: mák – 1 g N, jarní ječmen – 1 g N, senážní oves – 1,5 g N, kukuřice – 2 g N (na nádobu). Dávka fosforu činila 0,44 g P a draslíku 1,1 g K na nádobu (v K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>). Tyto živiny byly dodány před výsevem a promíchány s celým objemem zeminy. Kal byl dodán v čerstvém stavu a v množství odpovídajícím v přepočtu 16,65 g sušiny na nádobu. Kal byl aplikován pouze v roce 1995, v roce 1996 bylo sledováno jeho následné působení. Nádobky byly zavlažovány deionizovanou vodou. Vlhkost zeminy byla udržována na 60% MVK. Kukuřice byla sklizena při velikosti porostu

I. Základní charakteristika použitých kalů (obsahy v sušině) – Basic properties of the used sludges (contents in dry matter)

Kal <sup>1</sup>	Praha	Pisek
pH/H <sub>2</sub> O	7,30	7,22
N <sub>t</sub> (%)	1,73	1,80
P (%)	1,87	2,00
K (%)	0,24	0,26
Ca (%)	2,13	2,55
Mg (%)	0,27	0,40
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	5,64 ± 0,51	3,89 ± 0,25

<sup>1</sup>sludge

## II. Agrochemická charakteristika půd – Agrochemical soil properties

Zemina <sup>1</sup>	C <sub>ox</sub> (%)	pH/KCl	mg.kg <sup>-1</sup>					KVK (mval.kg <sup>-1</sup> )
			P	K	Mg	Ca	Hg	
Č. Újezd	1,54	7,04	151	222	163	2 903	0,082 ± 0,013	145
Suchdol	2,29	7,23	176	289	246	5 747	0,347 ± 0,008	180
Přerov	0,96	6,61	120	180	99	1 473	0,026 ± 0,002	75

P, K, Mg, Ca – Mehlich II

<sup>1</sup>soil

tu cca 100 cm, oves v mléčně-voskové zralosti, mák a ječmen v plné zralosti. Každá varianta byla založena ve čtyřech opakováních. Po sklizni nadzemní hmoty byla zemina z jednotlivých variant vysušena, uskladněna a použita v roce 1996 pro následnou plodinu (tab. III). V roce 1996 bylo u všech variant použito NPK hnojení.

### III. Sled plodin – Sequence of crops

1995	1996
Plodina <sup>1</sup> (odrůda <sup>2</sup> , hybrid <sup>3</sup> )	následná plodina <sup>8</sup> (odrůda, hybrid)
Kukuřice <sup>4</sup> (Malta)	jarní ječmen (Donum)
Oves <sup>5</sup> (Pan)	mák (Dubník)
Jarní ječmen <sup>6</sup> (Donum)	oves (Auron)
Mák <sup>7</sup> (Dubník)	kukuřice (Malta)

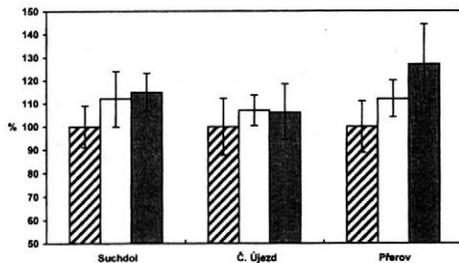
<sup>1</sup>crop, <sup>2</sup>variety, <sup>3</sup>hybrid, <sup>4</sup>maize, <sup>5</sup>oat, <sup>6</sup>spring barley, <sup>7</sup>poppy, <sup>8</sup>subsequent crop

Obsahy Hg v rostlinném materiálu a půdních výluzech byly stanoveny na jednoduše atomovém absorpčním spektrometru AMA-254 ve Stopové laboratoři katedry chemie ČZU v Praze. Pro analýzu rostlinného materiálu byla použita navážka vzorku 50 až 100 mg za těchto analytických podmínek: doba sušení 100 s, doba spalování 150 s, doba čekání 50 s. V případě výluhů půd bylo do navažovací lodičky přístroje dávkováno 100 µl extraktu a doba sušení činila 100 s. Analytická přesnost a spolehlivost měření je zajištěna použitím certifikovaného referenčního materiálu (12-02-03 P-ALFALFA, IRANT, Košice, SK). Jakmile vzorky obsahovaly menší množství Hg, než byla mez detekce, byla za výsledek brána právě tato mez detekce.

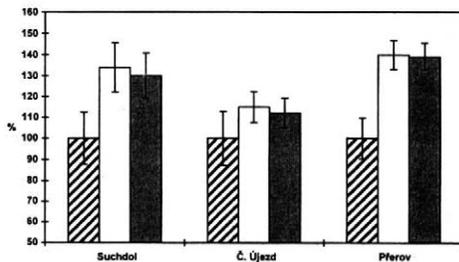
### VÝSLEDKY A DISKUSE

Čistírenské kalý byly aplikovány v čerstvém stavu tak, aby nebyla snížena jejich agronomická účinnost. Z hlediska obsahu Hg byly použity čistírenské kalý průměrné kvality. U kalu Praha činil obsah 5,64 mg Hg.kg<sup>-1</sup> a u kalu Písek 3,89 mg Hg.kg<sup>-1</sup> (přepočteno na sušinu). Ve sdělení ÚKZÚZ (Anonym, 1997) se uvádí, že u 198 vzorků kalů ČOV činil průměrný obsah 4,3 mg Hg.kg<sup>-1</sup>. Podle stanovených hodnot by námi testované kalý bylo možno použít jako suroviny pro výrobu kompostu. Také sledované zeminy nevykazovaly nadlimitní obsahy Hg. V ČR platí podle vyhl. č. 13/94 Sb. pro lehké půdy maximální obsah 0,6 mg Hg.kg<sup>-1</sup> a pro ostatní 0,8 mg Hg.kg<sup>-1</sup>. Pro daný experiment byly úmyslně vybrány zeminy s odlišnými agrochemickými vlastnostmi a obsahem Hg (tab. II). Zeměna Suchdol vykazovala nadprůměrný obsah (Anonym, 1997).

Jak je zřejmé z obr. 1 a 2, byl po aplikaci kalů zaznamenán nárůst výnosu sušiny pěstovaných plodin, přitom ve druhém roce pokusů byl jejich efekt výraz-



1. Relativní výnos plodin v roce 1995 – Relative yield of crops in 1995



2. Relativní výnos plodin v roce 1996 (následné působení) – Relative yield of crops in 1996 (subsequent action)

1 směrodatná odchylka – standard deviation

▨ kontrola (100 %) – control (100%)  
 □ kal Praha – sludge Praha  
 ■ kal Pířek – sludge Pířek

nější. Odpovídá to také jejich agrochemickému chování, kdy k uvolnění živin dochází až v průběhu mineralizace kalů v půdě. Z uvedených grafů je také zřejmé, že nejvyššího efektu bylo dosaženo na nejméně úrodné půdě Pířerov nad Labem. V prvním roce pěstování byl v průměru na této zemině u kalu Praha o 22 % a kalu Pířek o 39 % vyšší výnos ve srovnání s kontrolou. Ve druhém roce činil nárůst u kalu Praha 62 % a kalu Pířek 65 %. Nejmenší pozitivní efekt byl zaznamenán u zeminy Červený Újezd. Nárůst výnosů není výrazem lepší účinnosti dusíku v kalech ve srovnání s minerálním hnojením, ale především rozdílu v celkově aplikovaném množství živin. Z bilance jednotlivých živin vyplývá, že u variant s kalý bylo oproti kontrole dodáno v prvním pokusném roce více o 14 až 26 % dusíku, o 71 až 76 % fosforu a o 3 až 4 % draslíku. Byla zaznamenána určitá tendence vyšších výnosů u kalu Pířek, což také odpovídá většímu množství všech významných živin v tomto kalu.

Z výsledků uvedených v tab. IV je zřejmé, že ke zvýšení obsahu Hg v rostlinách po aplikaci kalů zpravidla nedošlo. Bylo přitom aplikováno vysoké množství kalu a šlo o nádobové pokusy, kde je díky vysoké míře prokořnění zpravidla podstatně vyšší využití

IV. Obsah Hg v rostlinách v roce 1995 a 1996 (mg.kg<sup>-1</sup> sušiny) – Hg content in plants in 1995 and 1996 (mg.kg<sup>-1</sup> of dry matter)

Zemina <sup>1</sup>	Varianta <sup>2</sup>	Ječmen <sup>3</sup> (zrno <sup>4</sup> )	Ječmen (sláma <sup>5</sup> )	Mák <sup>6</sup>	Makovina <sup>7</sup>	Kukuřice <sup>8</sup>	Oves <sup>9</sup>	
1995	Suchdol	kontrola <sup>10</sup>	0,0008	0,0153	0,0145	0,0100	0,0040	0,0037
		kal <sup>11</sup> Praha	0,0008	0,0160	0,0168	0,0123	0,0029	0,0036
		kal Písek	0,0008	0,0180	0,0148	0,0100	0,0026	0,0034
	<i>F</i>		0,41	0,92	4,38*	1,75	3,80	0,35
<i>d</i> <sub>min</sub>				0,0023				
Č. Újezd	kontrola	0,0005	0,0135	0,0148	0,0105	0,0026	0,0040	
	kal Praha	0,0008	0,0143	0,0153	0,0095	0,0026	0,0035	
	kal Písek	0,0008	0,0135	0,0150	0,0123	0,0028	0,0043	
	<i>F</i>		0,65	0,19	0,07	2,61	0,26	1,16
<i>d</i> <sub>min</sub>								
Přerov	kontrola	0,0005	0,0135			0,0026	0,0032	
	kal Praha	0,0006	0,0105			0,0029	0,0045	
	kal Písek	0,0007	0,0130			0,0028	0,0040	
	<i>F</i>		0,52	2,11		0,49	2,07	
<i>d</i> <sub>min</sub>								
1996	Suchdol	kontrola	0,0008	0,0183	0,0176	0,0251	0,0039	0,0071
		kal Praha	0,0009	0,0205	0,0127	0,0226	0,0061	0,0103
		kal Písek	0,0008	0,0235	0,0107	0,0209	0,0045	0,0095
	<i>F</i>		0,43	0,44	37,93**	1,57	1,53	5,63*
<i>d</i> <sub>min</sub>				0,0023			0,0028	
Č. Újezd	kontrola	0,0007	0,0265	0,0113	0,0132	0,0064	0,0076	
	kal Praha	0,0011	0,0240	0,0097	0,0174	0,0177	0,0077	
	kal Písek	0,0009	0,0293	0,0100	0,0164	0,0061	0,0084	
	<i>F</i>		1,33	1,73	0,60	16,89**	1,48	0,98
<i>d</i> <sub>min</sub>					0,0021			
Přerov	kontrola	0,0011	0,0313	0,0164	0,0237	0,0069	0,0076	
	kal Praha	0,0009	0,0300	0,0105	0,0183	0,0064	0,0090	
	kal Písek	0,0009	0,0325	0,0139	0,0202	0,0055	0,0084	
	<i>F</i>		0,85	0,23	12,18**	2,55	0,38	1,76
<i>d</i> <sub>min</sub>				0,0034				

\* průkazné na hladině významnosti<sup>12</sup>  $\alpha = 0,05$ \*\* průkazné na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ <sup>1</sup>soil, <sup>2</sup>variant, <sup>3</sup>barley, <sup>4</sup>grain, <sup>5</sup>straw, <sup>6</sup>poppy, <sup>7</sup>poppy straw, <sup>8</sup>maize, <sup>9</sup>oat, <sup>10</sup>control, <sup>11</sup>sludge, <sup>12</sup>significant on the significance level

všech dodaných živin. Statisticky vyšší obsah byl stanoven v roce 1995 pouze u semene máku na zemině Suchdol. U ostatních plodin byly zaznamenány rozdíly statisticky nevýznamné. V roce 1995 došlo k poškození kontrolní varianty Přerov nad Labem u máku, a proto byl celý soubor vyřazen. V roce 1996 byl naopak po aplikaci kalů výrazně snížen obsah Hg v semenech máku. Statisticky průkazné výsledky jsou na zemině Suchdol a Přerov nad Labem a určitá tendence je také u zeminy Červený Újezd. Na této zemině však byl stanoven u variant s kaly statisticky zvýšený obsah Hg v makovině. V průměru všech pěstovaných plodin byl obsah Hg ve druhém roce pěstování přibližně o 55 % vyšší než v prvním roce. Vzhledem k tomu, že uvedený jev byl zaznamenán také na kontrolních variantách, nelze předpokládat, že zde výrazněji pů-

sobí uvolněná Hg z kalů. Určitým zdůvodněním může být skutečnost, že zeminy byly po sklizni vysušeny a potom uskladněny do jara roku 1996. Tyto zeminy obsahovaly značné množství kořenové hmoty, která se v dalším roce mineralizovala. Tímto způsobem mohlo nastat uvolnění Hg z organických vazeb. Nízkomolekulární organické sloučeniny mohly vytvořit s Hg cheláty, a tím také přispět k většímu příjmu Hg rostlinami.

Přestože pokus byl založen při čtyřnásobném opakování a každá analýza byla třikrát paralelně opakována, zaznamenáváme poměrně vysoké kolísání výsledků. Příčiny jsou tyto:

1. Použití kalů v čerstvém stavu představovalo zvýšenou nehomogenitu vzorků z hlediska obsahu Hg. Při tomto postupu bylo dále obtížné zabezpečit následně dokonale promísení kalů se zeminami.

2. Při stanovení velmi malých obsahů Hg v rostlinách byla také relativně větší chyba měření. Zejména obsahy Hg v zrnu ječmene byly na hranici detekce nejcitlivější dostupnou měřicí technikou. Ve slámě byl obsah několikanásobně vyšší. Poměrně vysoký byl také obsah Hg v semenech máku. Uvedené obsahy potvrzují předpoklad o nízké koncentraci Hg v rostlinách a jsou také v souladu s údaji z literatury (Maclean, 1974; Domažlická, 1991). Zároveň však nebyly potvrzeny výsledky, které uveřejnil Zima (1989), jenž uvádí zvýšení obsahu Hg v rostlinách kukuřice pěstovaných v nádobách po aplikaci čistírenských kalů.

Vhodným měřítkem pro posouzení biotransferu těžkých kovů je tzv. transferfaktor (TF) (Němeček et al., 1994; Poletschny, 1996). Je to poměr mezi obsahem těžkých kovů v rostlinách a obsahem v půdě. Malé hodnoty TF byly stanoveny na zemině Suchdol (0,02 až 0,18) a naopak vysoké na zemině Přerov nad Labem (0,04 až 1,19). Je to dáno především nízkým obsahem Hg ve fluvizemi Přerov nad Labem. Nejvyšší hodnoty TF byly stanoveny u slámy ječmene.

Z tab. IV je dále patrné, že nebyly zjištěny zvýšené obsahy Hg u variant na zemině Suchdol, přestože zde byl její několikanásobně vyšší obsah. Naopak v roce 1996 byl v průměru nejvyšší obsah Hg v rostlinách u variant Přerov nad Labem, přestože měla tato zemina její nejnižší celkový obsah. Zřetelné se zde potvrzuje význam sledování nejen absolutního množství Hg v půdě, ale také i různých forem její sorpce v půdě.

V další části experimentů byl sledován obsah Hg v půdě při použití různých extrakčních činidel (2M

HNO<sub>3</sub>, 0,1M CaCl<sub>2</sub>, 0,01M CaCl<sub>2</sub>). Analýzy byly uskutečněny vždy po sklizni plodiny (tab. V a VI). Z těchto sledování vyplývá, že po aplikaci čistírenských kalů nebyla zpravidla stanovena zvýšená akumulace Hg v půdě. Na variantách s kalý bylo zaznamenáno v roce 1995 ve třech případech a v roce 1996 v pěti případech statisticky významné snížení obsahu Hg oproti kontrole ve výluzech použitých extrakčních činidel. Naopak ke zvýšení došlo v každém roce pouze v jednom případě. Uvedená skutečnost svědčí o složitosti sorpce Hg v půdě, ke které přispívá i její možná volatilizace, která však nebyla v našich pokusech sledována.

Na obr. 3 a 4 jsou znázorněny podíly extrahovatelné Hg různými extrakčními činidly z jejího celkového množství v půdě. Při výluhu 2M HNO<sub>3</sub> bylo stanoveno v závislosti na zemině a ročníku 29 až 66 % z celkového množství Hg v půdě (H<sub>g<sub>tot</sub></sub>), přičemž nejsnáze byla extrahovatelná Hg na zemině Přerov nad Labem (49 % v roce 1995 a 66 % v roce 1996), která má také nejnižší obsah organických látek. Zemina Suchdol, kde byl celkový obsah 0,347 mg Hg.kg<sup>-1</sup>, je charakterizována vysokým stupněm sorpce, což také odpovídá vyššímu obsahu kvalitního humusu. Proto zde bylo zvoleno při výluhu 2M HNO<sub>3</sub> v roce 1995 pouze 29 % a v roce 1996 47 % Hg. Ve všech sledovaných variantách bylo ve výluzech 0,1M CaCl<sub>2</sub> a 0,01M CaCl<sub>2</sub> zjištěno jen velmi malé množství. Dosažené výsledky jsou v dobrém souladu s předpokladem, že tyto soli jsou schopny extrakce pouze výměnně sorbované a ne organicky vázané Hg (Schaffer, Schachtschabel, 1992). Relativně nejvyšší podíl byl opět uvolněn na

V. Obsah Hg v půdních výluzech v roce 1995 (mg.kg<sup>-1</sup> sušiny) – Hg content in soil extracts in 1995 (mg.kg<sup>-1</sup> of dry matter)

Zemina <sup>1</sup>	Varianta <sup>2</sup>	Jarní ječmen <sup>3</sup>			Mák <sup>4</sup>			Kukuřice <sup>5</sup>			Oves <sup>6</sup>		
		2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>	2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>	2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>	2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>
Suchdol	kontrola <sup>7</sup>	0,101	0,0050	0,0035	0,088	0,0013	0,0035	0,099	0,0113	0,0010	0,131	0,0030	0,0104
	kal <sup>8</sup> Praha	0,073	0,0016	0,0016	0,073	0,0028	0,0007	0,092	0,0074	0,0007	0,134	0,0009	0,0015
	kal Písek	0,070	0,0011	0,0017	0,080	0,0024	0,0009	0,152	0,0031	0,0013	0,114	0,0014	0,0009
	F	3,82	8,94**	2,63	1,17	4,27*	5,34*	22,81**	5,83*	3,25	1,88	0,84	2,98
	d <sub>min</sub>		0,003			0,0014	0,0027	0,027	0,0061				
Č. Újezd	kontrola	0,031	0,0009	0,0014	0,025	0,0022	0,0006	0,043	0,0017	0,0026	0,034	0,0020	0,0008
	kal Praha	0,032	0,0009	0,0009	0,027	0,0014	0,0005	0,044	0,0019	0,0018	0,036	0,0020	0,0008
	kal Písek	0,030	0,0009	0,0009	0,030	0,0025	0,0005	0,053	0,0021	0,0014	0,030	0,0037	0,0008
	F	0,29	1,00	1,00	1,41	4,72*	1,00	1,79	0,40	3,38	0,64	8,42**	1,00
	d <sub>min</sub>					0,0014					0,0013		
Přerov	kontrola	0,009	0,0009	0,0009				0,020	0,0020	0,0020	0,011	0,0029	0,0008
	kal Praha	0,007	0,0012	0,0009				0,023	0,0015	0,0007	0,014	0,0022	0,0008
	kal Písek	0,009	0,0009	0,0009				0,011	0,0011	0,0012	0,011	0,0029	0,0008
	F	1,82	1,00	1,00				3,29	4,16	3,79	2,82	0,11	1,00
	d <sub>min</sub>												

\* průkazné na hladině významnosti<sup>9</sup> α = 0,05

\*\* průkazné na hladině významnosti α = 0,01

<sup>1</sup>soil, <sup>2</sup>variant, <sup>3</sup>spring barley, <sup>4</sup>poppy, <sup>5</sup>maize, <sup>6</sup>oat, <sup>7</sup>control, <sup>8</sup>sludge, <sup>9</sup>significant on the significance level

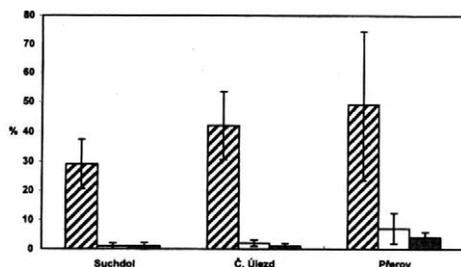
VI. Obsah Hg v půdních výlučích v roce 1996 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny) – Hg content in soil extracts in 1996 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of dry matter)

Zemina <sup>1</sup>	Varianta <sup>2</sup>	Jarní ječmen <sup>3</sup>			Mák <sup>4</sup>			Kukuřice <sup>5</sup>			Oves <sup>6</sup>		
		2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>	2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>	2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>	2M HNO <sub>3</sub>	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,01M CaCl <sub>2</sub>
Suchdol	kontrola <sup>7</sup>	0,138	0,0018	0,0016	0,158	0,0031	0,0011	0,197	0,0040	0,0008	0,161	0,0014	0,0011
	kal <sup>8</sup> Praha	0,140	0,0017	0,0008	0,149	0,0058	0,0011	0,213	0,0055	0,0120	0,129	0,0018	0,0011
	kal Písek	0,220	0,0020	0,0017	0,141	0,0030	0,0011	0,182	0,0078	0,0112	0,117	0,0017	0,0011
	F	278,37**	0,20	2,73	0,79	0,70	1,00	1,18	3,4	3,14	39,36**	1,50	1,00
<i>d</i> <sub>min</sub>		0,011								0,014			
Č. Újezd	kontrola	0,060	0,0010	0,0019	0,036	0,0020	0,0012	0,063	0,0195	0,0027	0,047	0,0014	0,0011
	kal Praha	0,056	0,0004	0,0017	0,030	0,0006	0,0025	0,046	0,0106	0,0038	0,044	0,0014	0,0012
	kal Písek	0,061	0,0002	0,0019	0,038	0,0006	0,0012	0,055	0,0054	0,0098	0,050	0,0019	0,0011
	F	2,12	4,43*	0,22	4,40*	2,99	1,61	0,92	73,04**	1,89	3,08	1,74	1,00
<i>d</i> <sub>min</sub>			0,0007		0,008				0,0033				
Přerov	kontrola	0,022	0,0004	0,0033	0,010	0,0006	0,0011	0,017	0,0023	0,0141	0,017	0,0016	0,0011
	kal Praha	0,026	0,0004	0,0013	0,013	0,0006	0,0016	0,017	0,0036	0,0050	0,016	0,0015	0,0011
	kal Písek	0,022	0,0005	0,0010	0,011	0,0007	0,0059	0,019	0,0011	0,0014	0,017	0,0014	0,0011
	F	5,65*	0,17	15,17**	1,76	1,00	2,46	0,34	0,78	18,82**	0,02	2,49	1,00
<i>d</i> <sub>min</sub>		0,004		0,0013					0,0060				

\* průkazné na hladině významnosti<sup>9</sup>  $\alpha = 0,05$

\*\* průkazné na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$

For 1–9 see Tab. V

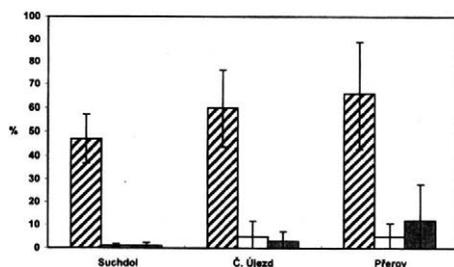


3. Podíl extrahovatelné Hg z jejího celkového obsahu ( $\text{Hg}_{\text{ext}} = 100\%$ ) v zemině; průměr všech plodin v roce 1995 – The percentage of Hg extractable from its total content ( $\text{Hg}_{\text{tot}} = 100\%$ ) in soil; average for all crops in 1995

▨ 2M HNO<sub>3</sub>  
 □ 0,1M CaCl<sub>2</sub>  
 ■ 0,01M CaCl<sub>2</sub>

země Přerov nad Labem a činil 7 až 12 % z  $\text{Hg}_{\text{tot}}$ . Dosažené výsledky jsou v souladu se závěry z literatury (R a s p, 1996). Citovaný autor použil 0,1M CaCl<sub>2</sub> k extrakci kompostů na bázi čistírenských kalů. Celkový obsah Hg v kompostech byl velmi vysoký a činil 0,4 až 2,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , ale extrahovatelné množství 0,1M CaCl<sub>2</sub> bylo pod mezí detekce (0,0007  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Vliv pěstované plodiny na extrahovatelnost Hg z půdy je dokumentován na obr. 5, 6 a 7. Je patrné, že bez ohledu na zeminu je u kukuřice vždy stanovené množství nejvyšší a u máku nejnižší, což nepřímo potvrzuje vliv organických látek na sorpci Hg v půdě a



4. Podíl extrahovatelné Hg z jejího celkového obsahu ( $\text{Hg}_{\text{ext}} = 100\%$ ) v zemině; průměr všech plodin v roce 1996 – The percentage of Hg extractable from its total content ( $\text{Hg}_{\text{tot}} = 100\%$ ) in soil; average for all crops in 1996

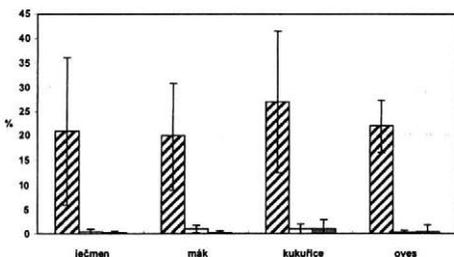
také vliv pěstované plodiny na její mobilizaci. Stanovené hodnoty jsou výslednicí řady faktorů, jako je množství kořenové hmoty, aktivita rhizosféry, oxidačně-redukční podmínky v půdě apod. U kukuřice byla sklizeň provedena v době maximálního růstu biomasy, kdy byla vytvořena mohutná kořenová soustava, a zároveň lze předpokládat i vysokou aktivitu kořenů. V případě ostatních plodin byla sklizeň uskutečněna v plné zralosti, kdy byla podstatně omezena činnost rhizosféry. U máku, který tvoří nejmenší kořenový systém, byly také stanoveny nejnižší hodnoty v půdních výlučích.

Vztah mezi různými extrahovateli a obsahem Hg v rostlinách byl kvantifikován lineární regresní analýzou (tab. VII). Statisticky významná závislost byla prokázána

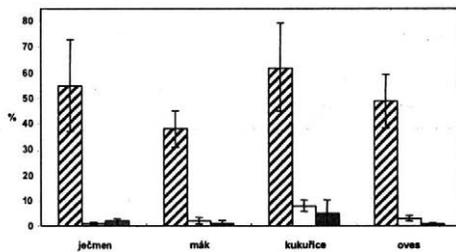
VII. Hodnoty korelačního koeficientu  $r$  lineární regrese mezi obsahem Hg v rostlinách a v půdě – Values of correlation coefficient  $r$  of linear regression between Hg content in plants and soil

Rok <sup>1</sup>	Vyluhovadlo <sup>2</sup>	Ječmen <sup>3</sup> (zrno <sup>4</sup> )	Ječmen (sláma <sup>5</sup> )	Oves <sup>6</sup>	Mák <sup>7</sup> (semeno <sup>8</sup> )	Makovina <sup>9</sup>	Kukuřice <sup>10</sup>
1995	2M HNO <sub>3</sub>	0,2346	<b>0,5074</b>	-0,1661	0,0027	0,0264	0,1796
	0,1M CaCl <sub>2</sub>	0,1438	0,0682	0,3512	0,1882	0,4107	<b>0,7450</b>
	0,01M CaCl <sub>2</sub>	0,1201	0,3335	-0,0081	-0,2237	-0,2237	-0,2165
1996	2M HNO <sub>3</sub>	-0,2041	-0,4970	0,1754	0,2154	0,4189	-0,2196
	0,1M CaCl <sub>2</sub>	-0,2468	-0,6230	0,2383	0,1812	0,1927	0,1556
	0,01M CaCl <sub>2</sub>	0,1849	0,2008	0,0662	0,0764	0,0119	-0,0543

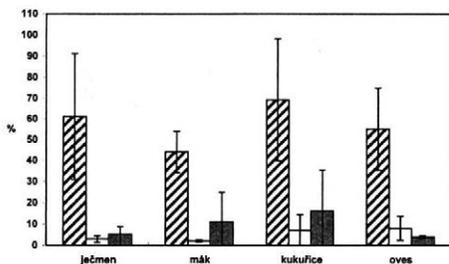
<sup>1</sup>year, <sup>2</sup>extractant, <sup>3</sup>barley, <sup>4</sup>grain, <sup>5</sup>straw, <sup>6</sup>oat, <sup>7</sup>poppy, <sup>8</sup>seed, <sup>9</sup>poppy straw, <sup>10</sup>maize



5. Podíl extrahovatelné Hg z jejího celkového obsahu ( $Hg_{\text{tot}} = 100\%$ ) v zemině Suchdol v závislosti na plodině; průměr 1995/1996 – The percentage of Hg extractable from its total content ( $Hg_{\text{tot}} = 100\%$ ) in soil from Suchdol in dependence on the crop; average for 1995/1996



6. Podíl extrahovatelné Hg z jejího celkového obsahu ( $Hg_{\text{tot}} = 100\%$ ) v zemině Červený Újezd v závislosti na plodině; průměr 1995/1996 – The percentage of Hg extractable from its total content ( $Hg_{\text{tot}} = 100\%$ ) in soil from Červený Újezd in dependence on the crop; average for 1995/1996



7. Podíl extrahovatelné Hg z jejího celkového obsahu ( $Hg_{\text{tot}} = 100\%$ ) v zemině Přerov nad Labem v závislosti na plodině; průměr 1995/1996 – The percentage of Hg extractable from its total content ( $Hg_{\text{tot}} = 100\%$ ) in soil from Přerov nad Labem in dependence on the crop; average for 1995/1996

▨ 2M HNO<sub>3</sub>  
 □ 0,1M CaCl<sub>2</sub>  
 ■ 0,01M CaCl<sub>2</sub>  
 ječmen – barley  
 mák – poppy  
 kukuřice – maize  
 oves – oat

pouze v roce 1995 mezi 2M HNO<sub>3</sub> a obsahem Hg ve slámě ječmene a dále mezi 0,1M CaCl<sub>2</sub> a obsahem Hg v kukuřici. Je zřejmé, že pro kvantifikování tzv. přijatelné

Hg pro rostliny je třeba použít jiných činidel, kterými je extrahována také Hg z organických sloučenin.

## LITERATURA

- ANONYM: Ročenka 1995/96. Brno, ÚKZÚZ 1997. 60 s.  
 BRADFORD, G. R. – BAIR, F. L. – HUNSAKER, V.: Trace and major element contents of soil saturation extracts. *Soil Sci.*, 112, 1971: 225–230.  
 BRÜMMER, G. W. – HORNBERG, V. – HILLER, D. A.: Schwermetallbelastung von Böden. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesell.*, 63, 1991: 31–42.  
 DOMAŽLICKÁ, E.: Kontaminace rostlin kadmii, olovem a rtuť. In: CIBULKA, J. a kol.: Pohyb olova, kadmia a rtuť v biosféře. Praha, Academia 1991. 427 s.  
 GERRITSE, R. G. – VRIESEMA, R. – DALENBERG, J. W. – DEROSS, H. P.: Effect of sewage sludge on trace element mobility in soils (1982). In: CIBULKA, J. a kol.: Pohyb olova, kadmia a rtuť v biosféře. Praha, Academia 1991. 427 s.  
 HAUPTMAN, I. – FRONĚK, P.: Používání kalů z ČOV v zemědělství a jejich kontrola. *Bulletin 97*, Brno, ÚKZÚZ 1997.  
 KOLÁŘ, L.: Cesty k omezení vstupu těžkých kovů do zemědělské produkce. In: Sbor. Cizorodé látky v půdě a v rostlině, Tábor 1988.

- LANDA, E. R.: Soil water content and temperature as factors in the volatile loss of applied mercury (II) from soils. *Soil Sci.*, 126, 1978: 44–48.
- MACLEAN, A. J.: Mercury in plants and retention of mercury by soils in relation to properties and added sulfur. *Can. J. Soil Sci.*, 54, 1974: 287–292.
- NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – PASTUSZKOVÁ, M.: Kontaminace krmiv a potravinářských surovin v imisně zatíženém severočeském regionu. *Rostl. Výr.*, 40, 1994: 555–565.
- POLETSCHNY, H.: Verwertung von Abwasserklärslammern im Landbau. *MuA Lfg.*, 1996: 1–38.
- RASP, H.: Die Verwendung von Klärschlammkomposten im Landbau. *MuA Lfg.*, 1996: 1–12.
- SCHEFFER, F. – SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart, Enke 1992. 491 s.
- WIMMER, J.: Movement and leaching of mercury in soil. *Bodenkultur*, 25, 1974: 369–379.
- ZIMA, S.: Dynamika rizikových prvků v ekosystému živočišné výroby. In: Sbor. Cizorodé látky v zemědělství, Brno 1989: 35–48.

Došlo 18. 12. 1997

---

*Kontaktní adresa:*

Doc. Ing. Jiří B a l í k, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 32, fax: 02/20 92 03 12

---

# EVALUATION OF PERFORMANCE IN A COLLECTION OF *PHACELIA TANACETIFOLIA* BENTH. VARIETIES

## ZHODNOCENÍ VÝKONNOSTI SORTIMENTU ODRŮD SVAZENKY VRATIČOLISTÉ (*PHACELIA TANACETIFOLIA* BENTH.)

J. Pelikán

Research Institute for Fodder Crops, Ltd., Troubsko, Czech Republic

**ABSTRACT:** In 1996 and 1997 as a part of the research project of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic – EP 0960006288 „Utilisation of forage and other plant species in agricultural production and landscape formation“ a collection of 10 varieties of *Phacelia tanacetifolia* Benth. grown under field conditions was studied with respect to hay, dry matter and seed yields. Other traits included were the onset of blooming, growth dynamics and indices of crop quality. The varieties were grown from spring sowings. In 1996 hay was harvested 54 days after sowing and in 1997 the number of days to harvest was 65. Under our soil and climatic conditions, besides the domestic variety Větrovská, other good producers of hay were Amerigo and Lisette, other good producers of dry matter were Lisette, Angelia and Phaci, and other good producers of seed were Lisette and Phaci. In both experimental years the majority of varieties started blooming 50 to 52 days after sowing. The earliest variety was Polyphaci which started blooming 49 days after sowing in 1996 and 46 days after sowing in 1997. The quality of biomass was assessed in terms of total nitrogen %, fibre % and digestible N substance %, protein % and ash %. Total N content in 1996 varied from 8.35 to 12.81% and in 1997 from 14.37 to 17.76%. Fibre content was in the range of 21.76 to 28.87% in 1996 and 20.29 to 22.41% in 1997. The percentage of digestible N substances was 6.65 to 10.62% in 1996 and 11.62 to 14.90% in 1997. Protein content fluctuated from 7.13 to 9.55% in 1996 and from 10.70 to 12.98% in 1997. Ash content in 1996 ranged from 23.11 to 27.05% and in 1997 from 24.60 to 27.92%. Weekly increases in biomass over both experimental years averaged from 20 to 25 cm.

*Phacelia tanacetifolia* Benth.; varieties; hay yield; dry matter yield; seed yield; onset of blooming; biomass quality

**ABSTRAKT:** V letech 1996 a 1997 byl v rámci výzkumného projektu Mze ČR č. EP 0960006288 „Využití pícních a dalších rostlinných druhů v zemědělské výrobě a při tvorbě krajiny“ zhodnocen v polních pokusech sortiment 10 odrůd svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) z hlediska výnosů zelené hmoty, sušiny a semene. Současně byly sledovány další znaky jako počátek kvetení, dynamika růstu a ukazatele kvality sklizené hmoty. Sortiment odrůd byl pěstován z jarního výsevu. Sklizeň zelené hmoty se uskutečnila za 54 dnů od výsevu v roce 1996 a za 65 dnů od výsevu v roce 1997. V našich půdně klimatických podmínkách prokázaly dobrou výkonnost vedle domácí odrůdy Větrovská v zelené hmotě odrůdy Amerigo a Lisette, ve výnosu sušiny Lisette, Angelia a Phaci a ve výnosu semene pak Lisette a Phaci. Většina odrůd zahájila kvetení za 50 až 52 dnů od výsevu v obou letech zkoušení, nejranější odrůdou byla odrůda Polyphaci, která zahájila kvetení v roce 1996 za 49 dnů a v roce 1997 za 46 dnů od výsevu. Kvalita biomasy byla hodnocena znaky % veškerého dusíku, % vlákniny, % stravitelných dusíkatých látek, % bílkovin a % popele. Obsah veškerého dusíku se pohyboval v rozmezí 8,35 až 12,81 % v roce 1996 a 14,37 až 17,76 % v roce 1997, obsah vlákniny v rozmezí 21,76 až 28,87 % v roce 1996 a 20,29 až 22,41 % v roce 1997. U stravitelných dusíkatých látek bylo rozmezí 6,65 až 10,62 % v roce 1996, avšak 11,62 až 14,90 % v roce 1997, u bílkovin 7,13 až 9,55 % v roce 1996 a 10,70 až 12,98 % v roce 1997. Obsah popele kolísal v roce 1996 od 23,11 do 27,05 % a v roce 1997 od 24,60 do 27,92 %. Týdenní nárůsty biomasy se v obou letech zkoušení pohybovaly v průměru od 20 do 25 cm.

svazenka vratičolistá; odrůdy; výnos zelené hmoty; výnos sušiny; výnos semen; počátek kvetení; kvalita biomasy

### INTRODUCTION

*Phacelia tanacetifolia* Benth. is a rapid-growing and high-yielding catch crop grown for forage and green manure. It provides more nutrient humus than permanent humus and the processes of residue decomposition are faster in this species than in other green-manure

plants (Schramml, 1976). Gonetowa, Gonet (1976) published results of three-year field experiments which showed that in a group of stubble catch crops (except leguminous crops) the highest increases in biomass per unit time were provided by sunflower, phacelia and mustard. Also Lütke (1971) emphasised the importance of phacelia as a previous crop and

its role as a catch crop in weed control. Pelikán, Hofbauer (1994) tested two summer sowings of phacelia and studied total crop yields including root yields and post-harvest residues. After 70 days of growing an earlier sowing (early July) gave a yield of 67.44 t.ha<sup>-1</sup> in the variety Větrovská. A later sowing (early August) produced 164.52 t.ha<sup>-1</sup> of matter.

Phacelia is also popular as an excellent nectar-producing crop. Recently it has been used on steep slopes as an erosion-control crop. In winter it is usually left in the field and in spring grain crops or silage maize are sown into it by using no-tillage sowing machines (Votava, 1989). Hay harvest may start as early as 60 days after sowing and should be finished 10 days after the onset of blooming at the latest because after that time the quality of forage dramatically falls. Phacelia forage has a good nutritional value and is highly prized for its high ash content. It is also recommended by Knüpfer, Schaffer (1987) as a suitable catch crop for growing after root crops from mid-August. These authors also reported potentially higher nitrate content in hay and relatively low dry matter content. For this reason it is only recommended as a feed supplement.

Schmied (1959) reported forage yields of 20 to 35 t.ha<sup>-1</sup>. With good agronomy practice and under suitable conditions the yields may increase to 50 t.ha<sup>-1</sup>, seed yields are 2.5 to 4 t.ha<sup>-1</sup>.

In the Czech collection registered varieties are the Czech variety Větrovská, released in 1952 and the German variety Angelia, released in 1996. Anonymous (1996) gives the registration of 14 varieties. Nine of them are German varieties and the rest are from Poland, Italy, Greece, Holland and the Czech Republic, each country being represented by one variety.

## MATERIAL AND METHODS

The experiment was established in the years 1996 and 1997 on plots of the Forage Crop Research Institute, Ltd., in Troubsko by the method of randomised blocks with three replications for forage and three rep-

lications for seed. The plots were 5 sq. m. A total of 10 varieties of the world collection were tested. The variety Větrovská served as a control. Besides Větrovská, German varieties Angelia, Lisette, Julia, Balo, Phaci, Polyphaci and Amerigo, a Dutch variety Titan and a Greek variety Kyklades were involved. In both experimental years hay yield, stand height before cutting and biomass increase were studied. At the time of harvest samples were taken for chemical analysis and for the determination of dry matter, total N, digestible N substances, fibre, protein and ash contents. In stands grown for seed the onset of blooming and seed yields were determined. In 1996 sowing was made on 19 April and in 1997 on 22 April. Hay harvest in 1996 was on 12 June (54 days after sowing) and in 1997 on 26 June (65 days after sowing). In this experiment original seed supplied by seed companies, owners of the varieties, was used. A survey of varieties tested and their sowing qualities are given in Tab. I.

## RESULTS AND DISCUSSION

The 1000-seed weight of the original seed ranged from 1.65 g (variety Balo) to 2.73 g (variety Titan), which conforms with the literature data (Schmied, 1959).

The results of hay yields, converted to t.ha<sup>-1</sup>, from both experimental years, are shown in Tab. II. The table also gives data converted to the percentage of the control variety and variety ranking in individual years. In 1996 hay yields ranged from 32.33 to 45.33 t.ha<sup>-1</sup>, in 1997 from 46.53 to 63.27 t.ha<sup>-1</sup>. The control variety Větrovská produced a hay yield of 40.33 t.ha<sup>-1</sup> in 1996 and was outyielded by Amerigo (Germany) by 12.40% and Lisette (Germany) by 4.96%. The variety Angelia (Germany) produced the same yield as the control variety. In 1997 the control variety gave a yield of 60.0 t.ha<sup>-1</sup> and was only outyielded by Amerigo by 5.44%.

Hay yields were considerably higher than the yields reported in the literature. For example, Votava, Míka (1982) recorded yields of 20 to 30 t.ha<sup>-1</sup> and

I. A survey of the test varieties and sowing qualities

No.	Variety	Country	1000-seed weight	Purity	% germination
1	Angelia	Germany	1.86	99.4	97
2	Lisette	Germany	2.4	99	88
3	Julia	Germany	1.77	99.7	95
4	Balo	Germany	1.65	99.8	82
5	Phaci	Germany	2.29	99.1	91
6	Polyphaci	Germany	2.69	99.1	91
7	Kyklades	Greece	1.85	99.9	98
8	Větrovská	Czech Republic	1.81	98.9	97
9	Titan	Netherlands	2.73	100	99
10	Amerigo	Germany	1.86	99.4	88

II. Hay and dry matter yields converted to % of the control (variety Větrovská) and variety ranking in 1996 and 1997

No.	Variety	Hay						Dry matter					
		1996			1997			1996			1997		
		t.ha <sup>-1</sup>	% K	ranking	t.ha <sup>-1</sup>	% K	ranking	t.ha <sup>-1</sup>	% K	ranking	t.ha <sup>-1</sup>	% K	ranking
1	Angelia	40.33	100	4	53.93	89.89	6	5.74	111	2	6.55	84.38	8
2	Lisette	42.33	105	2	59.13	98.56	3	6.33	122	1	7.55	97.17	3
3	Julia	33	81.82	9	51.87	86.44	7	4.28	82.4	9	6.81	87.73	7
4	Balo	35.33	87.6	8	48.47	80.78	9	4.59	88.3	8	6.39	82.32	10
5	Phaci	40	99.17	5	58.8	98	4	5.09	98.1	4	7.91	101.89	1
6	Polyphaci	32.33	80.17	10	50.93	84.89	8	4.71	90.8	6	7.41	95.36	5
7	Kyklades	37.67	93.39	6	54.4	90.67	5	4.25	81.9	10	7.23	93.05	6
8	Větrovská	40.33	100	3	60	100	2	5.19	100	3	7.77	100	2
9	Titan	37	91.74	7	46.53	77.56	10	4.59	88.5	7	6.43	82.75	9
10	Amerigo	45.33	112.4	1	63.27	105.4	1	5.04	97.1	5	7.54	97.08	4

III. Analysis of variance of hay, dry matter and seed yields

Source of variability	f	MS for				
		hay		dry matter		seed
		1996	1997	1996	1997	1997
Varieties	9	50.48	88.79 +	1.29 +	0.97	0.01
Replication	2	151.63 ++	29.48	2.51 ++	0.42	0.006
Technical error	18	26.3	38.81	0.41	1.55	0.005

Schrämml (1976) reported a yield of 31 t.ha<sup>-1</sup>. The yields obtained in our trials were in both experimental years close to the upper limit of the yields reported by Weiske (1974) who recorded hay yields of 20 to 50 t.ha<sup>-1</sup>.

Tab. II also shows dry matter yields converted to t.ha<sup>-1</sup>. In 1996 the control variety gave a yield of 5.19 t.ha<sup>-1</sup> and was outyielded by Lisette by 21.95% and by Angelia by 10.53%. In 1997 the control variety produced a yield of 7.77 t.ha<sup>-1</sup> and was only outyielded by Phaci by 1.89%.

In 1996 no statistical differences in hay yields were found by analysis of variance (Tab. III) but in 1997 there were significant differences between varieties. In that year the yield of Amerigo was significantly higher than that of Angelia, Julia, Balo, Polyphaci, Kyklades and Titan. The yield of Větrovská was higher than that of Balo, Polyphaci and Titan and the yields of Lisette and Phaci were higher than the yields of Balo and Titan.

In 1996 there was a significant difference between varieties in dry matter yield. The variety Lisette was significantly different from all the other varieties tested except the variety Angelia. The variety Angelia significantly differed from the varieties Julia, Balo, Polyphaci, Kyklades and Titan, and the variety Větrovská differed from Titan. In 1997 no statistical differences were found by analysis of variance in this trait between the varieties tested.

Tab. IV gives stand height on individual dates of measurement. In 1996 the first measurement was made on day 33 after sowing. At that time stand height was

between 25.7 (Titan) and 30.2 cm (Lisette). During the second measurement (seven days later) the height of stand ranged from 47.3 (Julia) to 53.9 cm (Lisette). The lowest increase was recorded in Amerigo (21.1 cm) and the highest in Lisette (23.7 cm). During the third measurement (on the date of cutting) stand height ranged from 64.8 cm (Polyphaci) to 74.7 cm (Angelia). The highest increase was recorded in Julia (23.3 cm) and the lowest in Polyphaci (15.7 cm). In the second experimental year the first measurement was made on 4 June (43 days after sowing). Stand height at that time ranged from 28.1 cm (Titan) to 34.7 cm (Phaci). In the second measurement stand height ranged from 51.7 cm (Větrovská and Titan) to 61.7 cm (Phaci). The increase over seven days ranged from 22.1 cm (Amerigo) to 28.3 cm (Balo). In the third measurement stand height varied from 75.8 (Titan) to 85.3 cm (Julia). Seven days' increase in this case ranged from 21.3 (Polyphaci) to 27.2 cm (Julia). At the time of harvest which started eight days after the last measurement stand height was not measured.

The results of chemical analyses of hay are given in Tab. V. It is evident that in 1997 the percentage of total nitrogen, digestible N substances and proteins was higher than in 1996. Fibre content was higher in 1996 than in 1997 and ash content was approximately at the same level in both years. In 1996 total N ranged from 8.35% in Lisette to 12.81% in Phaci. In 1997 it varied from 14.37% in Lisette to 17.77% in Kyklades. Fibre content in 1996 ranged from 21.76% (Balo) to 28.87% (Lisette) and in 1997 from 20.29% (Kyklades) to

IV. Stand height on individual dates of measurement and increases in cm between measurements

Variety No.	1996					1997				
	1st measurement 29 May	2nd measurement 5 June	increase	3rd measurement 12 June	increase	1st measurement 4 June	2nd measurement 11 June	increase	3rd measurement 18 June	increase
1	29.7	53.2	23.5	74.7	21.5	33.4	57.7	24.3	83.7	26
2	30.2	53.9	23.7	74.6	20.7	32.3	55.6	23.3	78.7	23.1
3	26	47.3	21.3	70.7	23.4	31.1	58.1	27	85.3	27.2
4	28.1	51.7	23.6	75	23.3	28.7	57	28.3	83	26
5	28.5	50.7	22.2	71.3	20.6	34.7	61.7	27	88	26.3
6	26.2	49.1	22.9	64.8	15.7	30.9	54	23.1	75.3	21.3
7	29	50.9	21.9	73.3	22.6	31.8	57.8	26	82.3	24.5
8	26.2	48.2	22	70.8	22.6	29.1	51.7	22.6	76	24.3
9	25.7	47.8	22.1	65.7	17.9	28.1	51.7	23.6	75.8	24.1
10	27.6	48.7	21.1	67.2	18.5	30.6	52.7	22.1	79.2	26.5

V. Results of chemical analysis of phacelia varieties (content in 100% dry matter)

Variety No.	% dry matter		% N		% fibre		% digestible N substances		% proteins		% ash	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
1	91.13	91.29	9.84	16.15	26.73	22.23	7.88	13.1	7.86	12.2	25.2	24.6
2	91.4	91.39	8.35	14.37	28.87	21.6	6.65	11.6	7.13	10.7	23.1	24.95
3	91.14	91.41	9.83	14.46	27.76	22.41	7.94	11.8	8.85	12.4	25.8	25.83
4	91.23	91	11.28	16.19	21.76	21.82	9.19	13.7	9.55	12	27.1	25.12
5	91.44	90.88	12.81	16	24.17	20.91	10.62	13	8.78	11.3	24.1	24.88
6	91.22	91.04	9.74	16.13	28.23	22.48	7.88	12.2	7.66	11.1	23.3	26.11
7	90.7	91.19	10.57	17.77	22.95	20.29	8.35	14.9	8.63	13	24	26.3
8	91.29	91.28	9.79	16.03	24.35	20.69	7.61	13.2	7.86	12.1	24.3	24.92
9	90.53	91.3	9.62	16.5	24.86	21.42	7.09	13.5	8.62	12.6	24.4	27.92
10	90.64	91.13	11.02	15.26	25.56	20.74	8.64	12.3	8.93	11.5	25.2	25.52

22.41% (Julia). The minimum and maximum contents of digestible N substances in both experimental years were recorded in the same varieties as the lowest and the highest total N content. In 1996 the minimum value (6.65%) was reported in Lisette and the maximum value (10.62%) in Balo. In 1997 the minimum content (11.62%) was found in Lisette and the maximum content (14.90%) in Kyklades. Protein content ranged in 1996 from 7.13 (Lisette) to 9.55% (Balo) and in 1997 from 10.70% (Lisette) to 12.98% (Kyklades). In neither of experimental years were the values for protein content identical with those reported by Schramm (1976) who found protein content of 17 to 19.8% in his experiments.

Ash content ranged in 1996 from 23.11% in Lisette to 27.05% in Balo, whereas in 1997 it ranged from 24.60% in Angelia to 27.92% in Titan.

As for the onset of blooming, there were no significant differences between the varieties tested. In both experimental years the earliest variety was Polyphaci which started blooming 49 days after sowing in 1996 and 46 days after sowing in 1997. In 1996 the same

onset of blooming was recorded in Lisette. The other varieties started blooming 50 to 52 days after sowing in 1996 and 51 to 52 days after sowing in 1997. The control variety Větrovská started blooming 51 days after sowing in both experimental years.

Seed yields obtained in 1997 in individual varieties, converted to  $t \cdot ha^{-1}$  and % of the control as well as variety ranking are given in Tab. VI. In 1996 the stand was damaged by hail at the time of blooming and therefore no results of seed yields are available for that particular year. In 1997 seed yields ranged from 0.05 to  $0.247 t \cdot ha^{-1}$ . The highest yield was obtained in the variety Větrovská, the lowest yield in Polyphaci. The control variety Větrovská was followed by Lisette yielding  $0.223 t \cdot ha^{-1}$  which is 9.5% lower than that of the control. This was followed Phaci produced a yield of  $0.187 t \cdot ha^{-1}$ , which corresponds to 75.7% of the yield produced by the control variety. The differences between the varieties tested were relatively high (20.3 to 100%) in spite of the fact that the analysis of variance revealed no statistical differences between the varieties (Tab. III).

VI. Seed yields ( $t \cdot ha^{-1}$ ) in phacelia varieties obtained in 1997

No.	Variety	Seed yield	% K	Ranking
1	Angelia	0.147	59.5	8
2	Lisette	0.223	90.5	2
3	Julia	0.173	70.3	5
4	Balo	0.18	73	4
5	Phaci	0.187	75.7	3
6	Polyphaci	0.05	20.3	10
7	Kyklades	0.173	70.3	6
8	Větrovská	0.247	100	1
9	Titan	0.097	39.2	9
10	Amerigo	0.163	66.2	7

The results reported for seed yields are very different from the results presented in the literature (e.g. Schmieđ, 1959). This was caused by adverse climatic conditions at the time of seed maturing. Rainfall at the time following the stage of blossom caused stand lodging and formation of side branches which started blooming very soon after. Therefore it was very difficult to determine the time of harvest. Moreover, rainfall also continued after stand desiccation and the time of cutting had to be postponed. This contributed to shedding of mature seeds.

**Acknowledgement**

The author wishes to express thanks to all the companies that provided samples of the original seed of

their varieties and thus enabled the establishment of field trials.

**REFERENCES**

ANONYMOUS: List of cultivars eligible for certification. Paris, OECD 1996.

GONETOWA, I. – GONET, Z.: Dynamika przyrostu masy roślin pastewnych uprawianych w poplone ścierniskowym orazich wartosc pastewna. *Pamięt. Pulaw.*, 66, 1976: 193–202.

KNÜPFER, H. – SCHAFFER, G.: Phacelia – a rapid growing summer catch crop. *Feldwirtschaft*, 28, 1987 (4): 179–181.

LÜTKE, E.: New practice in catch crop growing: fodder rapeseed and phacelia. *Landwirtsch. Wbl. Westf.*, 128, 1971: 26–27.

PELIKÁN, J. – HOFBAUER, J.: Summer catch crops for feeding and green manure. *Úroda*, 42, 1994 (6): 8–9.

SCHMIED, M.: *Phacelia tanacetifolia*. In: Unused and underestimated forage crops. Praha, SZN 1959: 102–106.

SCHRAMML, H.: Phacelia – an interesting plant. *Landwirtschaft*, 1976 (5): 17–18.

VOTAVA, V.: Utilization of and agronomy practice in phacelia. *Úroda*, 1989: 73–74.

VOTAVA, V. – MÍKA, V.: Phacelia as a catch crop. *Úroda*, 1982 (6): 298–300.

WEISKE, W.: Phacelia. *Biene*, 110, 1974 (5): 148–149.

Received on December 9, 1997

**Contact Address:**

Ing. Jan Pelikán, CSc., Výzkumný ústav pícninářský, s. r. o., Zahradní 1, 664 41 Troubsko, Česká republika, tel.: 05/47 22 73 80, fax: 05/47 22 73 85, e-mail: vupt@brno.ics.muni.cz

## **INZERCE**

Redakce časopisu nabízí tuzemským i zahraničním firmám možnost inzerce na stránkách časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA. Prostřednictvím inzerátů uveřejňovaných v našem časopise budou o vašich výrobcích informováni pracovníci z výzkumu a provozu u nás i v zahraničí.

Bližší informace získáte na adrese:

Redakce časopisu ROSTLINNÁ VÝROBA  
k rukám RNDr. E. Stříbrné  
Ústav zemědělských a potravinářských informací  
Slezská 7  
120 56 P r a h a 2

## **ADVERTISEMENT**

The Editors of the journal offer to the Czech as well as foreign firms the possibility of advertising on pages of the ROSTLINNÁ VÝROBA (Plant Production) journal. Through your adverts published in our journal, the specialists both from the field of research and production will be informed about your products.

For more detailed information, please contact:

ROSTLINNÁ VÝROBA  
attn. RNDr. E. Stříbrná  
Ústav zemědělských a potravinářských informací  
Slezská 7  
120 56 P r a h a 2

# APPLICATION OF THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND THE MICROANALYSIS (SEM-EDXRA) IN THE STUDY OF MICROCONCRETIONS IN STAGNOGLEYIC LUVISOL

## VYUŽITIE SKANOVACIEHO ELEKTRÓNOVÉHO MIKROSKOPU A MIKROSONDY (SEM-EDXRA) PRI ŠTÚDIU MIKROKONKRÉCIÍ V LUVIZEMI PSEUDOGLEJOVEJ

S. E. Licznar<sup>1</sup>, J. Hanes<sup>2</sup>, V. Libant<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection, Agricultural University, Wrocław, Poland*

<sup>2</sup> *Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** The scanning electron microscope attached with an X-ray microanalytical device (SEM-EDXRA) has been applied in the study of ferruginous precipitations in the genetic horizons of stagnogleyic luvisol. The study shows that the precipitations differ in the form of occurrence and in chemical constitution dependently on the intensity of undergoing oxidative-reductive processes. In the humus horizon there are Fe-microconcretions and the diffusion spots of Mn and Fe, whilst in the eluvial horizon – poorly marked microconcretions of Si, Mn, and Fe and ilmenite precipitations occur.

scanning electron microscope and microanalysis; microconcretions; stagnogleyic luvisol

**ABSTRAKT:** Na výskum pôdnych novotvarov – precipitátov v luvizemi pseudoglejovej sa použil skanovací elektrónový mikroskop so zabudovanou mikroanalytickou sondou (SEM-EDXRA). Štúdium ukázalo, že pôdne novotvary v závislosti od intenzity prebiehajúcich oxidačno-redukčných procesov sa odlišujú vo formách výskytu a v chemickom zložení. V povrchovom horizonte sú to železité mikrokonkrécie a difúzne škvrny Mn a Fe, zatiaľ čo v eluviálnom horizonte sa v malom množstve nachádzajú nevýrazné mikrokonkrécie Si, Mn a Fe a tiež ilmenitu.

skanovací elektrónový mikroskop a mikrosonda; mikrokonkrécie; luvizem pseudoglejová

### INTRODUCTION

Non-stabilised and varying hydro-aerial conditions in soils cause periodic occurrence of oxidation and reduction phenomena. It influences distribution of iron compounds in a soil profile and formation of various forms of precipitations containing silicon, iron, aluminium, manganese, titan, phosphorus, calcium and magnesium in their chemical composition (Motowicka-Terelak, 1971).

The present knowledge concerning distribution of iron compounds and genesis of the ferruginous precipitations is based mainly on morphological and chemical properties of soils. They show that, as a consequence of the top gleyic processes, undergoes, at low pH and relatively compact grain composition, accumulation of various forms of ferruginous precipitations in the upper part of soil profile (Konecka-Betley et al., 1970; Motowicka-Terelak, 1971; Berrow et al., 1978).

That kind of study not always allows to recognise the full mechanism of alteration of the soil mass composition during formation of various forms of ferruginous precipitations. Elucidation of the mechanisms may be facilitated by application of submicromorphologic methods which allow to carry out study on a naturally disposed soil (Brewer et al., 1973; Berrow et al., 1978; Drozd et al., 1994).

Therefore, the aim of the present work is application of the scanning electron microscopy for the study on the soil mass composition and on the microconcretion occurring in genetic horizons of stagnogleyic luvisol.

### MATERIAL AND METHODS

The subject of the study was a profile of stagnogleyic luvisol taken from the area of Žiarska Valley, at the height of 250 m above the sea level. It represented soils formed under following conditions: 8 to 9 °C of

average annual temperature and 711 mm of precipitation.

Profile of stagnogleyic luvisol:

0–20 cm A1(e) colour (10 YR 4/3) dark brown,  
20–45 cm E+Bt colour (10 YR 5/4) yellowish brown,  
45–80 cm Bt (Bm) colour (10 YR 5/6) yellowish brown,  
80–111 cm C colour (10 YR 6/4) light yellowish brown.

In the soil under study the soil texture and basic physicochemical properties were determined by means of methods commonly applied in the soil science laboratories. The submicromorphologic studies were performed based on one-side microsections taken out of the soil samples obtained in natural disposition. From the prepared microsections the appropriate fragments were selected by means of stereoscopic microscope for the scanning electron microscopy analyses. The electron microscope supported with an X-ray microanalytical device was located at the Environmental Electron Microscopy Laboratory of Technical University of Wrocław in Poland.

## RESULTS

In the analysed profile of stagnogleyic luvisol there are clay formations with different content of clay fraction (Tab. I). The surface eluvial and humus horizons are characterised by considerably lower content of the colloidal clay in the limit of 11.89 to 12.80%, when compared with illuvial and parent rock horizons. In the latter horizons the clay fraction content was 18.39 to 30.03%. The significant increase of the clay fraction content in the more compact illuvial horizon contributes to the occurrence of water derived from precipitations as well as the redox processes.

Strongly acidic reaction occurring in the whole soil profile favour also the oxidative-reductive processes that undergo here (Tab. II). In the analysed soil, despite the high hydrolytic acidity, the significant content of basic cations is observed in deeper horizons that is linked with clay minerals in the Btm horizon. It influences also degree of saturation with cations of basic character, the lowest values of which (58.8 to 62.4%) occur in the surface horizons A1(e) and E+Bt. When the profile distribution of exchangeable cations of basic

### I. Mechanical composition of stagnogleyic luvisol

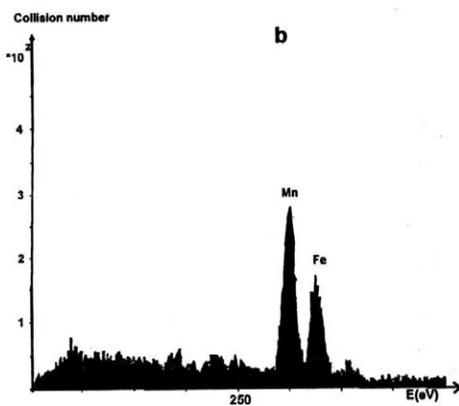
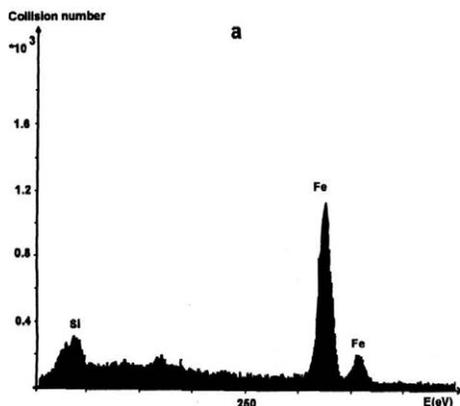
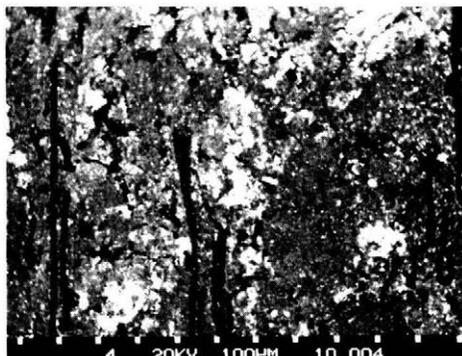
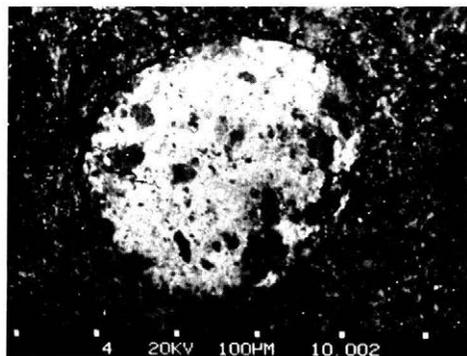
Horizon	Depth of sampling (m)	Particle-size distribution (%)					
		2.0–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.001	< 0.01	< 0.001
A1(e)	0.05–0.20	2.06	12.53	45.70	27.82	39.71	11.89
E+Bt	0.25–0.45	2.72	29.05	31.77	23.66	36.46	12.80
Bt (Bm) <sub>1</sub>	0.45–0.60	2.35	21.34	33.85	24.07	42.46	18.39
Bt (Bm) <sub>2</sub>	0.70–0.85	1.17	15.08	32.31	21.41	51.44	30.03
C	1.00–1.10	2.03	19.03	32.89	24.04	46.05	22.01

### II. Chemical properties of stagnogleyic luvisol

Horizon	Depth of sampling (m)	pH		Cation exchange capacity CEC	Sum of basic cations S	Total acidity H	S + H	Base saturation percentage V	Carbonates	C <sub>ox</sub>
		H <sub>2</sub> O	KCl							
		[mmol (p <sup>+</sup> ).kg <sup>-1</sup> ]						(%)		
A1(e)	0.05–0.20	5.73	4.55	174.7	67.0	40.4	107.4	62.4	0.0	1.76
E+Bt	0.25–0.45	5.63	4.05	117.3	44.5	31.2	75.7	58.8	0.0	0.48
Bt (Bm) <sub>1</sub>	0.45–0.60	5.26	3.80	142.5	67.0	33.1	100.1	66.9	0.0	0.26
Bt (Bm) <sub>2</sub>	0.70–0.85	5.16	3.58	297.0	120.5	48.4	168.9	71.3	0.0	0.21
C	1.00–1.10	5.50	3.55	216.7	105.0	40.0	145.4	72.2	0.0	0.14

### III. Basic cations of stagnogleyic luvisol

Horizon	Depth of sampling (m)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Sum
		[mmol (p <sup>+</sup> ).kg <sup>-1</sup> ]				
A1(e)	0.05–0.20	63.0	12.0	2.3	1.7	79.0
E+Bt	0.25–0.45	33.0	22.0	1.8	1.5	58.3
Bt (Bm) <sub>1</sub>	0.45–0.60	44.0	22.0	1.8	1.6	69.4
Bt (Bm) <sub>2</sub>	0.70–0.85	77.0	44.0	1.9	2.8	125.7
C	1.00–1.10	61.0	43.0	1.8	1.9	107.7



1. SEM-EDXRA image of A1(e) horizon  
 a) iron microconcretion and microanalysis of their surface  
 b) diffusion spots and microanalysis of bright, white surface

character is analysed, it should be stressed that their sum and the amount of calcium and magnesium are lowest in the eluvial horizon (Tab. III).

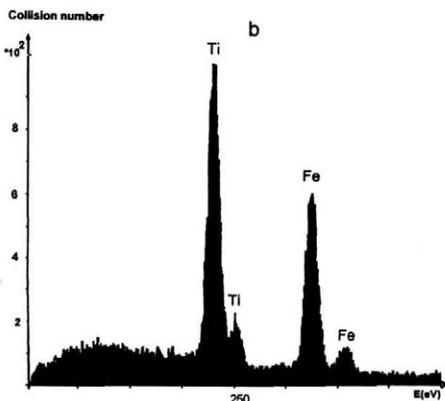
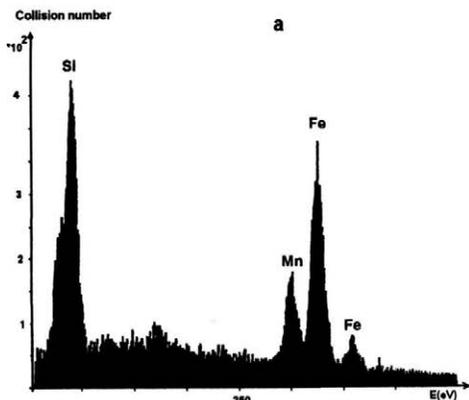
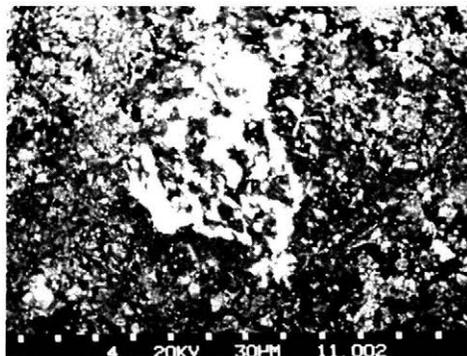
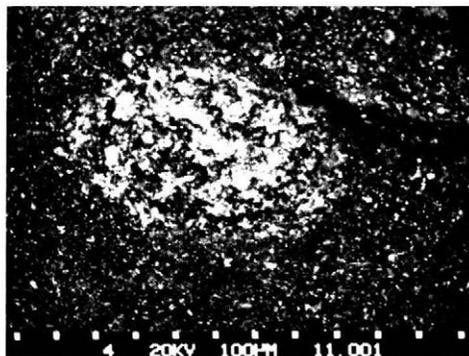
The morphological properties in connection with the physicochemical characteristic of the analysed stagnogleyic luvisol indicate the top gleyic processes undergoing there which contribute to the migration of chemical compounds and to the alteration in composition of soil mass. It was confirmed by submicromorphological studies on the soil mass composition of the genetic horizons of soil.

The scanning electron microscopic observations and application of the microanalytical device indicated that in the soil mass composition of the analysed genetic horizons occurred mainly Si, Al, Ca, K, Mn, and Fe. These horizons differ markedly in the form and amount of microconcretions present in them that indicates periodically alternating aerobic and anaerobic conditions. The humus horizon, in which oxidative processes prevail, is characterised by the presence of microconcretions with distinct contours where Fe is the major component (Fig. 1a). In this horizon the other precipitation

forms occur as well which have the shape of brighter diffusion spots in the composition of which the presence of Mn and Fe has been found (Fig. 1b).

The microconcretion forms have the different character in the eluvial horizons with intense reductive processes. The microconcretions present here have different structures and chemical constitutions. Some of them form precipitation forms of poorly marked edges and with Si, Fe, and Mn dominating in their composition (Fig. 2a). The second type of forms occurring here is represented by precipitations of ilmenite that forms irregular compact nodules with Ti and Fe in their composition (Fig. 2b). The presence of titan may be connected with intensification of the reductive processes in the E+Bt horizon.

In contrast to the others, the iluvial horizon is characterised by compact structure and its soil pores are filled with a dispersed soil mass which is constituted by Si, Al, K, and Fe (Fig. 3a). The chemical composition of this material is close to that of the soil mass of the upper horizons A1(e) and E+Bt. Moreover, in the iluvial horizon discussed here, the lower number of



2. SEM-EDXRA image of E+Bt horizon

- a) irregular microconcretion and microanalysis of bright, white surface  
 b) ilmenite grain and microanalysis of bright, white surface

microconcretions is present. They are constituted by forms of fine irregular nodules and in their composition dominates Fe with small amount of Si (Fig. 3b).

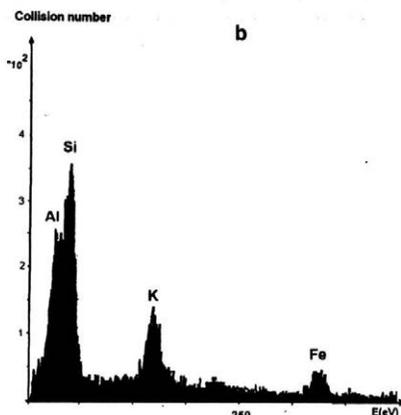
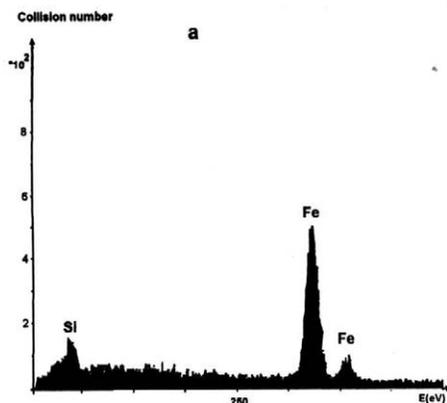
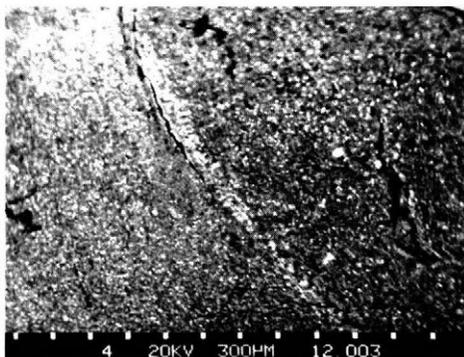
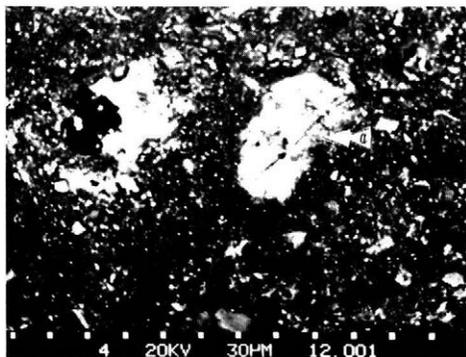
## DISCUSSION

The studies commonly carried out solely on the basis of morphological and chemical properties in the series of soil typological units show a possibility of occurrence of ferruginous precipitations in the form of concretions containing iron, manganese, and titan oxides (Motowicka-Terelak, 1971; Berrow et al., 1978). The elevated content of iron, manganese, and titan oxides is not always linked to a geochemistry but also to varying oxidative-reductive conditions in the soil profile (Konecka-Betley et al., 1970; Brewer et al., 1973; Yaalon et al., 1974; Goworek, 1990; Kabata-Pendias, Pendias, 1993).

It was confirmed also by previous micromorphological studies by the presence of ferruginous precipitations

in the form of irregular spots or distinctly marked microconcretions, dependently on aerobic or anaerobic conditions present (Kowalinski, Licznar, 1981). Even better record of that gives the study that allow to recognise the soil mass composition by means of the scanning electron microscope (Drozd et al., 1994).

The accumulation of ferruginous precipitations in the horizons of stagnogleyic luvisol is favoured by periodical waterlogged conditions which are connected with grain composition and acidic reaction. Presence of precipitations in the form of diffused spots that contain Fe and Mn in the humus horizon is due to periodical dislocation of the reduced forms of iron and manganese compounds to the surface horizons. The occurrence of microconcretions of Fe which have distinct edges indicates simultaneously that in this horizon periodically prevail oxidative conditions. On the other hand, in the eluvial horizon, where reductive conditions dominate, the occurring microconcretions have poorly marked contours and contain Mn, Fe, and Si as well as ilmenite precipitations in the form of condensed nodules.



3. SEM-EDXRA image of Bt (Bm) horizon  
 a) nodules and microanalysis of nodule surface  
 b) soil pore and microanalysis of infilling

The intensity and duration of the oxidative-reductive processes contribute to the differentiation of the form and chemical constitution of ferruginous precipitations in the genetic horizons of stagnogleyic luvisol.

siliceous-manganic-ferruginous microconcretions as well as ilmenite precipitations.

## CONCLUSIONS

On the basis of the carried out study the following conclusions can be drawn:

1. The investigations by means of scanning electron microscope supported by an X-ray microanalytical device showed presence of ferruginous precipitations which varied in the form of occurrence and in the chemical constitution, both connected with the course of microprocesses in the horizons of stagnogleyic luvisol.
2. Domination of the oxidative processes in the humus horizon favours occurrence of ferruginous microconcretions and the diffusion manganic-ferruginous spots.
3. Intensification of the reductive processes in the eluvial horizon leads to the formation of poorly marked

## REFERENCES

- BERROW, M. L. – WILSON, M. J. – REAWES, G. A.: Origin of extractable titanium and vanadium in the horizons of Scottish podzols. *Geoderma*, 21, 1978: 89–103.
- BREWER, R. – PROTZ, R. – McKEAGUE, J. A.: Microscopy and electronmicroprobe analysis of some iron-manganese pans from Newfoundland. *Can. J. Soil Sci.*, 53, 1973: 349–361.
- DROZD, J. – LICZNAR, M. – LICZNAR, S. E.: Application of scanning electron microscopy and microanalysis (SEM) in study of certain processes in mollic cleyzols. *Agrophysics*, 8, 1994: 37–46.
- GOWOREK, B.: Tytan w glebach uprawnych północno-wschodniej Polski. *Rocz. glebozn.*, 41, 1990, (3/4): 49–57.
- KABATA-PENDIAS, A. – PENDIAS, H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Warszawa, PWN 1993.
- KONECKA-BETLEY, K. – BOREK, S. – CZARNOWSKA, K. – KĘPKA, M. – KRÓLOWA, H. – ŁAKOMIEC, I. –

KOBYLINSKA, J.: Wpływ procesu odgórnego oglejenia na kształtowanie się gleb wytworzonych z gliny zwałowej. Roczn. glebozn., 21, 1970 (2): 21–50.

KOWALINSKI, S. – LICZNAR, S. E.: Micromorphological characteristics of some cultivated brown soil. Roczn. glebozn., 32, 1981 (3): 171–182.

MOTOWICKA-TERELAK, T.: Rozmieszczenie żelaza w glebach i skład chemiczny ważniejszych form wytrąceń żelazistych. Pamięt. Puław., 2, 1971, (48): 95–136.

YAALON, D. H. – BRENNER, J. – KOYUMDJISKY, H.: Weathering and mobility sequence of minor elements on a basaltic pedomorph surface, Galilee, Israel. Geoderma, 12, 1974: 233–244.

Received on July 11, 1997

---

*Contact Address:*

Prof. Ing. Jozef H a n e s, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 00421 87/51 17 51, fax: 00421 87/41 14 51

---

# KVALITA PASTEVNÍ PÍCE PŘI ROTAČNÍ A KONTINUÁLNÍ PASTVĚ JALOVIC

## THE QUALITY OF PASTURE FORAGE UNDER ROTATIONAL AND CONTINUAL GRAZING OF HEIFERS

V. Pavlů<sup>1</sup>, J. Velich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Agricultural and Food Information, Praha, Research Station of Grassland Ecosystems, Liberec, Czech Republic*

<sup>2</sup>*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The present study was carried out to investigate the effect of different grazing management systems on quality of pasture forage. The experiment was carried out from 1993 to 1996 at an experimental pasture in the Jizerské hory mountains (lat. 51° 20' N, long. 15° 02' W; the altitude is 420 m; the average annual precipitation is 803 mm; the mean annual temperature is 7.2 °C). The dominant species are couch grass [*Elytrigia repens* (L.) Desv.], ryegrass (*Lolium perenne* L.), rough bluegrass (*Poa trivialis* L.), Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.), bentgrass (*Agrostis capillaris* L.), white clover (*Trifolium repens* L.) and dandelion (*Taraxacum officinale* Web.). No fertilizers have been applied since 1992. There were two treatments: rotational grazing (R) and continuous grazing (K), both of them on 1.0 ha. The areas were grazed by five young Czech Pied heifers in 1993 and by six young Friesian x Czech Pied heifers in 1994, 1995 and 1996 (the average initial weights of the heifers ranged from 135 to 180 kg). The area of (R) was divided into six paddocks, each measuring about 0.166 ha, and heifers were grazed from one paddock to another. The sward at (K) was maintained at a height of 5 to 7.5 cm by varying the grazing area available for treatment and by reducing the number of heifers in late summer. Each week, samples of herbage were taken to simulate herbage grazed by the heifers and were subsequently dried and analysed for nutrients and minerals. The mean contents of nutrients and minerals are given in Tabs I and II. A surplus of crude protein (CP) and K was found in forage at rotational and continuous grazing, however, there was a shortage of energy, crude fibre (CF) and Na. These results are typical for pasture forage in our climatic conditions. Significant differences in the content of CP ( $P < 0.01$ ) and CF ( $P < 0.001$ ) were found between both grazing systems, where at continuous grazing the content of CP was about 10% higher and the content of CF about 10% lower than at rotational grazing. This seemed to be due to greater CP and lower CF content in younger lower sward at continuous grazing with a higher rate of white clover (*Trifolium repens* L.) in sward (Fig. 1). Also the tendency of a higher total minerals content at continual grazing can be connected with the different rate of white clover. Especially higher content of Ca and Mg ( $P < 0.05$ ) at continual grazing was probably caused by white clover, that has a generally higher content of Ca and Mg than grasses. The higher rate of Na in pasture forage at continual grazing greatly decreased ( $P < 0.01$ ) the ratio of K/Na. The ratio of K/Ca+Mg in meq. was at both variants always lower than the limit value 2.2. The differences in quality of pasture forage did not strongly affect the average daily liveweight gain of heifers.

grassland; pasture; forage quality; grazing system; heifers

**ABSTRAKT:** Cílem práce bylo srovnávací studium kvality píce pastevního porostu při rotačním a kontinuálním pastevním systému na podhorské pastvině Jizerských hor při absenci minerálního hnojení. Z kvalitativního hlediska byl v píci porostů obou variant zjištěn přebytek N látek a K a naopak nedostatek energie, vlákniny a Na, což je pro pastevní porosty v našich půdně-klimatických podmínkách typické. Statisticky průkazné rozdíly mezi rotační a kontinuální pastvou byly v obsahu N látek ( $P < 0,01$ ) a vlákniny ( $P < 0,001$ ), přičemž u kontinuální pastvy byl obsah N látek o 10 % vyšší a obsah vlákniny o 10 % nižší než u rotační pastvy. U kontinuální pastvy byly v pastevní píci zaznamenány vyšší obsahy Mg ( $P < 0,05$ ) a Ca než u rotační pastvy. Tyto rozdíly souvisely se spásáním nižší mladší píce s celkově větším zastoupením jetele plazivého u kontinuální pastvy. Mírně vyšší obsah K v píci byl u kontinuální pastvy zapříčiněn spásáním mladší nižší píce s jeho vyšší koncentrací. Přes poměrně vysoký obsah K v píci u obou pastevních systémů byl tetanický poměr K/Ca+Mg (meq.) vlivem vyššího obsahu Ca a Mg v píci výrazně pod kritickou hodnotou 2,2. Rozdíly v kvalitě pastevní píce mezi oběma pastevními systémy výrazně neovlivnily průměrné denní přírůstky pasených jalovic.

travní porost; pastvina; kvalita píce; pastevní systém; jalovice

## ÚVOD

Kvalita pastevní píce je jedním z rozhodujících činitelů v pastevním odchovu zvířat. Rostliny zastoupené v travním porostu by měly paseným zvířatům zajistit živiny pro zachování a reprodukci organismu a jejich produkci (maso, mléko, vlnu, kůži).

Obsah živin v porostu závisí na botanickém složení porostu a jeho vegetační fázi, obsahu živin v půdě, dostupnosti vody a na způsobu obhospodařování porostu. Obhospodařování pastevního porostu je ovlivňováno zvoleným pastevním systémem. Používané pastevní systémy můžeme zařadit do dvou základních skupin, a to na kontinuální (permanentní obsazené pastviny) a rotační (oplůtková pastva se střídáním oplůtek), které představují dva protipóly v pastevním využívání. Porovnáním kvality pastevní píce obou pastevních systémů v zahraničí se zabývali např. Ernst et al. (1980); Walker et al. (1989); Hoveland et al. (1997); Popp et al. (1997) aj.

Kvalitu píce v ČR sledovali u kontinuální pastvy (simulovaná pastva) Rais, Královec (1989) a Královec, Rais (1991), u rotační pastvy Šúr et al. (1990) a Pavlů (1994). Kvalita píce při kontinuální a rotační pastvě ve srovnatelných podmínkách však u nás porovnána nebyla.

Cílem práce bylo tedy srovnávací studium kvality píce pastevního porostu při rotačním a kontinuálním pastevním systému na podhorské pastvině Jizerských hor při absenci minerálního hnojení.

## MATERIÁL A METODA

Pokus probíhal na pokusných plochách Výzkumné stanice travních ekosystémů v oblasti Jizerských hor ( $\lambda = 15^\circ 02'$ ;  $\phi = 51^\circ 20'$ ). Expozice pozemku je jiho-východní, nadmořská výška 420 m, svazitost  $9^\circ$ . Pokusné plochy tvořily 2 ha mezoofilního travinného porostu rozděleného na dvě části, každá o rozloze 1 ha, na kterých byly uplatňovány tyto pastevní varianty:

- 1) rotační šestioplůtková pastva (R) s průměrným zatížením pastviny 2 až 3 DJ.ha<sup>-1</sup>,
- 2) kontinuální pastva (K) s udržováním výšky porostu v rozmezí 5,0 až 7,5 cm a s průměrným zatížením pastviny 2 až 3 DJ.ha<sup>-1</sup>.

Geologickým podkladem pokusného pozemku je liberecká žula, na které se vytvořila kambizem typická, varieta kyselá, písčitohlinitá, středně hluboká, s pH/KCl 5,4 (R) a 4,26 (K); C<sub>ox</sub> 3,72 % (R) a 4,4 % (K); obsah přijatelného P 20 mg.kg<sup>-1</sup> (R) a 30 mg.kg<sup>-1</sup> (K); obsah přijatelného K 18 mg.kg<sup>-1</sup> (R) a 67 mg.kg<sup>-1</sup> (K); obsah přijatelného Mg 206 mg.kg<sup>-1</sup> (R) a 155 mg.kg<sup>-1</sup> (K). Tyto průměrné hodnoty jsou vztahovány k jarnímu odběru z hloubky 0 až 150 mm v roce 1993. Pastvina nebyla hnojena minerálními hnojivy od roku 1991.

Klimatické faktory (30leté průměry) jsou charakterizovány ročním úhrnem srážek 803 mm, za vegetaci 466 mm. Průměrná roční teplota je 7,2 °C, za vegetaci

13,1 °C. Langův dešťový faktor je 112. Nejvyšší zastoupení v porostu měly druhy: *Elytrigia repens* (L.) Desv., *Lolium perenne* L., *Poa trivialis* L., *Poa pratensis* L., *Agrostis capillaris* L., *Trifolium repens* L. a *Taraxacum officinale* Web. Druhové složení porostu bylo hodnoceno metodou redukované projektivní dominance ve čtvrci 10 m x 10 m. Porost byl sledován dvakrát za rok (na začátku a na konci pastevní sezony).

Vzorky pro analýzu píce byly odebrány ručně každý týden náhodně z obou variant. U rotační pastvy z právě spásaného oplůtku a u kontinuální pastvy ze spásané plochy. Vzorky pastevní píce pro chemickou analýzu byly zváženy, poté usušeny při 60 °C a rozemlety. Ve vzorcích byl stanoven obsah sušiny, tuku, BNLV, N, P, K, Ca, Mg a Na. Minerální látky byly stanovovány pomocí AAS (fy ZEISS Jena), ostatní živiny podle Weendeské analýzy. V roce 1995 a 1996 byly vzorky také analyzovány na ADF, NDF a stravitelnost organické hmoty (Gas-test).

## VÝSLEDKY

Průměrný obsah živin a minerálních látek za sledované období 1993 až 1996 celkem je uveden v tab. I a II. Obsah sušiny činil u obou variant okolo 20 % a byl většinou vyšší u varianty (R), avšak tyto rozdíly nebyly statisticky významné. Průměrný obsah energie vyjádřený NEL se pohyboval v rozmezí 4,7 až 5,2 MJ, vyšší hodnoty byly zaznamenány vždy na začátku pastevního období v květnu. Rozdíl v obsahu energie mezi systémem pastvy (R) a (K) byly statisticky neprůkazné. Průměrný obsah N látek byl ve sledovaném období 195 (K) a 212 (R) g.kg<sup>-1</sup> sušiny a dosahoval vždy vyšších hodnot u varianty (K). Rozdíly v obsahu N látek za roky 1993 až 1996 byly mezi oběma variantami statisticky významné ( $P < 0,01$ ). Nejvyšší obsahy N látek byly u obou variant zaznamenány v období červenec až září. Rozdíly v obsahu popelovin (podobně i v obsahu organické hmoty) u jednotlivých letech nebyly statisticky průkazné a hodnoty se pohybovaly okolo 100 g.kg<sup>-1</sup> sušiny u obou variant. Obsah vlákniny stejně jako obsah N látek vykazal v průměru za roky 1993 až 1996 statisticky významné rozdíly ( $P < 0,001$ ), přičemž celkový průměr obsahu vlákniny byl 200 (R) a 180 (K) g.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší obsahy vlákniny okolo 180 g.kg<sup>-1</sup> byly u obou variant zaznamenány v květnu, srpnu a září. Rozdíly v obsahu ADF [průměr 259 (K), 269 (R) g.kg<sup>-1</sup>] a NDF [průměr 460 (R) a 440 (K) g.kg<sup>-1</sup>] byly statisticky neprůkazné a nižších hodnot dosahovaly v květnu, srpnu a září, podobně jako u celkové vlákniny.

Obsah Ca byl ve sledovaném období vyšší u varianty (K) (6,67 g.kg<sup>-1</sup>) než (R) (5,95 g.kg<sup>-1</sup>), rozdíly mezi variantami byly na hranici statistické průkaznosti. Rozdíly v obsahu P mezi variantou (K) (3,99 g.kg<sup>-1</sup>) a (R) (4,29 g.kg<sup>-1</sup>) nebyly statisticky významné. Obsah K dosahoval v průměru hodnot 27,50 (R) a 28,65 (K) g.kg<sup>-1</sup> a byl bez statisticky průkazných rozdílů mezi variantami, nejvyšší obsahy byly podobně jako u N lá-

I. Průměrný obsah sušiny, živin (g.kg<sup>-1</sup> sušiny) a stravitelnost pastevní píče při rotační (R) a kontinuální (K) pastvě (1993 až 1996) – Mean content of dry mater, nutrients (g.kg<sup>-1</sup> of dry matter) and digestibility of pasture forage under rotational (R) and continual (K) grazing (1993 to 1996)

Měsíc <sup>1</sup>		Sušina <sup>4</sup> (%)		NEL (MJ)		N látky <sup>5</sup>		Popel <sup>6</sup>		Stravitelnost organické hmoty <sup>7</sup> (%)		Vláknina <sup>8</sup>		ADF <sup>x</sup>		NDF <sup>x</sup>	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
5.	$\bar{x}$	19,09	17,88	5,18	5,04	190,80	202,70	87,93	92,64	80,30	74,80	185,07	165,42	212,95	266,15	374,90	451,20
	<i>s</i>	3,73	3,82	0,21	0,19	33,40	31,28	13,47	13,28	1,20	2,10	29,13	22,27	1,85	15,85	27,70	33,40
6.	$\bar{x}$	20,77	18,84	4,82	4,85	171,72	191,83	88,82	93,78	72,00	73,70	231,99	207,01	304,95	266,30	506,60	446,65
	<i>s</i>	4,86	3,55	0,07	0,08	23,05	18,86	11,56	13,66	0,80	0,40	28,33	14,23	30,45	2,40	41,10	16,55
7.	$\bar{x}$	25,85	22,73	4,77	4,87	184,49	213,68	95,42	100,86	70,65	76,15	204,56	181,60	307,05	259,05	551,75	439,20
	<i>s</i>	9,79	4,34	0,15	0,17	42,29	28,67	8,51	8,36	3,15	3,25	36,52	29,03	39,05	55,45	61,75	57,10
8.	$\bar{x}$	22,73	20,40	4,87	4,82	204,60	210,08	103,01	103,02	77,15	74,50	198,71	184,43	248,95	264,95	423,65	430,20
	<i>s</i>	13,33	12,01	0,16	0,06	29,75	63,43	6,58	7,77	0,95	0,40	25,38	34,16	4,75	27,45	67,45	13,50
9.	$\bar{x}$	18,36	17,26	4,77	4,85	218,14	236,19	107,01	106,85	72,50	76,45	183,65	166,07	271,15	237,15	444,10	434,70
	<i>s</i>	3,75	4,34	0,12	0,15	17,85	21,64	13,19	13,10	2,50	0,45	15,89	11,63	18,15	23,25	18,30	18,30
Celkem <sup>2</sup>	$\bar{x}$	22,13	20,12	4,88	4,88	194,72	211,64	98,27	99,72	74,59	75,12	200,04	180,32	269,01	258,72	460,20	440,39
	<i>s</i>	7,84	5,98	0,21	0,16	34,52	39,74	13,29	12,64	4,05	2,04	32,55	28,24	42,65	32,38	78,18	33,05
t-test <sup>3</sup> (n = 62)		NS		NS		**		NS		NS		***		NS		NS	

NS = statisticky neprůkazný rozdíl – statistically insignificant difference

\*\*  $P < 0,01$ \*\*\*  $P < 0,001$ <sup>x</sup> pouze v roce 1995 a 1996 (n = 10) – only in 1995 and 1996 (n = 10)<sup>1</sup>month, <sup>2</sup>total, <sup>3</sup>t-test, <sup>4</sup>dry matter, <sup>5</sup>crude protein, <sup>6</sup>ash, <sup>7</sup>digestibility of organic matter, <sup>8</sup>crude fiber

II. Průměrný obsah minerálních látek v pastevní píce (g.kg<sup>-1</sup> sušiny) a jejich vzájemné poměry při rotační (R) a kontinuální (K) pastvě (1993, 1995 a 1996) – Mean content of mineral substances (g.kg<sup>-1</sup> of dry matter) and their ratio in pasture forage under rotational (R) and continual (K) grazing (1993, 1995 and 1996)

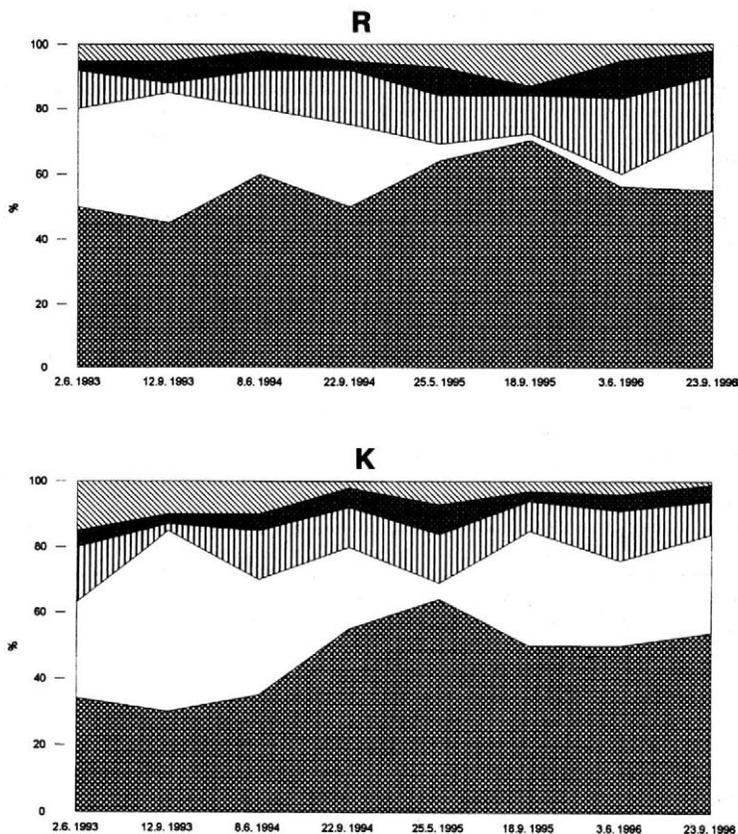
Měsíc <sup>1</sup>		Ca		P		K		Mg		Na		Ca/P		K/Na		K/Ca+Mg	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
5.	$\bar{x}$	5,26	4,97	3,96	4,21	23,71	26,67	2,20	2,44	0,41	0,32	1,75	1,47	78,16	84,87	1,52	1,57
	<i>s</i>	3,03	2,30	1,60	1,62	4,04	4,56	0,20	0,47	0,23	0,07	1,27	0,92	37,99	14,02	0,50	0,24
6.	$\bar{x}$	4,46	5,87	3,75	4,15	24,89	23,99	1,93	2,39	0,22	0,32	1,51	1,70	140,00	81,00	1,84	1,30
	<i>s</i>	2,06	1,87	1,33	1,37	2,15	2,29	0,53	0,28	0,10	0,09	1,06	0,96	64,30	26,38	0,55	0,30
7.	$\bar{x}$	5,82	6,34	4,05	4,35	29,77	30,78	2,49	2,98	0,30	0,38	1,57	1,59	115,22	82,52	1,55	1,43
	<i>s</i>	2,14	2,47	1,16	0,90	8,82	5,75	0,39	1,15	0,17	0,06	0,70	0,78	38,69	18,35	0,27	0,29
8.	$\bar{x}$	7,01	7,64	4,08	4,52	27,48	31,00	2,58	2,77	0,27	0,47	1,83	1,81	111,27	69,60	1,28	1,33
	<i>s</i>	1,75	1,79	0,79	0,90	6,20	5,87	0,39	0,30	0,09	0,13	0,70	0,65	39,29	16,54	0,28	0,28
9.	$\bar{x}$	6,91	8,25	4,08	4,20	30,90	30,07	2,48	2,49	0,35	0,47	1,87	2,24	102,96	76,29	1,46	1,28
	<i>s</i>	2,14	3,46	1,10	1,02	8,71	7,92	0,33	0,25	0,10	0,19	0,81	1,27	54,62	40,66	0,37	0,26
Celkem <sup>2</sup>	$\bar{x}$	5,95	6,67	3,99	4,29	27,50	28,65	2,35	2,62	0,31	0,40	1,72	1,77	108,60	78,74	1,52	1,38
	<i>s</i>	2,46	2,77	1,22	1,20	7,22	6,30	0,44	0,64	0,16	0,14	0,94	0,99	51,64	26,16	0,44	0,30
t-test <sup>3</sup> (n = 40)		NS		NS		NS		*		NS		NS		**		NS	

NS = statisticky neprůkazný rozdíl – statistically insignificant difference

\*  $P < 0,05$

\*\*  $P < 0,01$

For 1–3 see Tab. I



1. Botanické složení porostu – Botanical composition of the stand

▨ trávy – grasses; ■ ostatní byliny – other herbs; □ *Trifolium repens* L.; ▨ prázdna místa – empty places; ▤ *Taraxacum officinale* Web.

tek nalezeny v červenci až září. Průměrný obsah Mg byl 2,35 (R) a 2,62 (K)  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a byl vždy vyšší u varianty (K). Rozdíly mezi variantami byly statisticky významné ( $P < 0,05$ ). Průměrné obsahy Na dosahovaly hodnot 0,31 (R) a 0,40 (K)  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  bez statisticky průkazných rozdílů. Celkový průměr poměru Ca/P byl 1,72 (R) a 1,77 (K). V roce 1993 byly tyto hodnoty vlivem vysokého obsahu Ca v pastevní píce dvakrát vyšší než v roce 1995. Rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné. Poměr K/Na byl vždy vyšší u varianty (R). Rozdíly mezi variantami byly statisticky významné ( $P < 0,01$ ). Poměr K/Ca+Mg (meq.) byl v průměru 1,52 (R) a 1,38 (K), bez statisticky významných rozdílů mezi variantami.

## DISKUSE

Obsahy energie a vlákniny byly nižší, ale obsahy N látek a stravitelnost organické hmoty byly vyšší než

hodnoty, které jsou udávány pro průměrné pastevní porosty v našich klimatických podmínkách (Venc1, 1990; Zeman, 1995). Na vysoké obsahy N látek v pastevní píce sklizené rychlou rotací při vyloučení minerálního hnojení upozorňují také Rais, Královec (1989) a Královec, Rais (1991). Příčinou bylo spásání nízkého mladého porostu, který má nízký obsah vlákniny a vysoký obsah N látek. Statisticky průkazné rozdíly mezi rotační a kontinuální pastvou byly v obsahu N látek a vlákniny, kdy u kontinuální pastvy byl jejich obsah o 10 % vyšší a obsah vlákniny o 10 % nižší než u rotační pastvy. U varianty (K) byly také zaznamenány vyšší obsahy Ca a Mg. Tyto rozdíly pravděpodobně souvisely se spásáním nižší mladší píce a s celkově větším zastoupením jetele plazivého (*Trifolium repens* L.) u varianty (K) (obr. 1), který všeobecně obsahuje více N látek, Ca, Mg a méně vlákniny (Klapp, 1971; Spears, 1994). Obsahy ADF, NDF byly v píce u obou pastevních systémů obdobné (Poppe et al., 1997) a zhruba odpovídaly některým údajům z li-

teratury (Sormunen-Cristian et al., 1996) pro pastevní porosty mírného pásma; domácí údaje nebyly k dispozici.

Obsah minerálních látek, kromě nižší koncentrace Na v roce 1995, a ostatních sledovaných živin odpovídal hodnotám udávaným pro naše klimatické podmínky (Neuberg, 1990; Velich, 1991; Zeman, 1995). Přes poměrně vysoký obsah K v píci byl tetanický poměr K/Ca+Mg (meq.) vlivem vyššího obsahu Ca a Mg v píci výrazně pod kritickou hodnotou 2,2 u obou variant. Mírně vyšší obsah K u varianty (K) můžeme dát do souvislosti se spásáním mladší nižší píce s jeho vyšší koncentrací. Koncentrace Na byla vyšší u varianty (K) s větším zastoupením jetele plazivého (*Trifolium repens* L.), který má vyšší obsah Na než trávy (Zeman a n., 1995). Vyšší podíl Na v píci u varianty (K) statisticky významně snížil poměr K/Na oproti variantě (R).

Z kvalitativního hlediska byl v píci porostů obou variant zjištěn přebytek N látek a K a naopak nedostatek energie, vlákniny a Na, což je pro pastevní porosty v našich půdně-klimatických podmínkách typické. Rozdíly v kvalitě pastevní píce mezi oběma variantami neovlivnily průměrné denní přírůstky pasených jalovic (Pavlů, Velich, 1997). Vyšší obsah N látek a nižší obsah vlákniny v pastevní píci u kontinuální pastvy dává větší předpoklad pro vznik metabolických poruch (Pavlů, 1997), a proto je nutné u tohoto pastevního systému věnovat větší pozornost doplnění krmné dávky zvířat krmiv s vyšším obsahem vlákniny a energie. Jako nejvhodnější lze doporučit doplňkovou příležitostnou pastvu staršího pastevního porostu.

Na rozdíl od našich výsledků jsou v literatuře uváděny rozdíly v kvalitě píce mezi kontinuální a rotační pastvou jako neprůkazné (Ernst et al., 1980; Walker et al., 1989; Hoveland et al., 1997; Popp et al., 1997 aj.), avšak záleží na typu porostu, výšce spásání, způsobu obhospodařování a půdně-klimatických podmínkách.

Práce byla podporována GA ČR (reg. č. 503/95/0899).

## LITERATURA

ERNST, G. – LE DU, Y. L. P. – CARLIER, L.: Animal and sward production under rotational and continuous grazing management – a critical appraisal. Proc. Symp. Role of nit-

rogen in intensive grassland production, Wageningen, 1980: 119–126.

HOVELAND, C. S. – MCCANN, M. A. – HILL, N. S.: Rotational vs continuous stocking of beef cows and calves on mixed endophyte-free tall fescue-bermuda grass pasture. J. Prod. Agric., 10, 1997 (2): 245–250.

KLAPP, E.: Wiesen und Weiden. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey 1971.

KRÁLOVEC, J. – RAIS, I.: Kvalita pastevní píce při stoupajících dávkách dusíku. Rostl. Výr., 37, 1991 (5): 427–434.

NEUBERG, J. et al.: Komplexní metodika výživy rostlin. Praha, ÚVTIZ 1990.

PAVLŮ, V.: Obsah minerálních látek v pastevní píci ve vztahu k požadavkům skotu. Rostl. Výr., 40, 1994 (3): 209–217.

PAVLŮ, V.: Rotační a kontinuální systém pastvy jalovic. [Dizertační práce.] Praha, ČZU 1997.

PAVLŮ, V. – VELICH, J.: Sward structure under continuous and rotation grazing. Proc. XVIII Int. Grassl. Congr. Winnipeg-Saskatoon, Vol. II, Sect. 29, 1997: 113–114.

POPP, J. D. – MCCAUGHERY, W. P. – COHEN, R. D. H.: Effect of grazing systems, stocking rate and season of use on diet quality and herbage availability of alfalfa-grass pastures. Can. J. Anim. Sci., 77, 1997 (1): 111–118.

RAIS, I. – KRÁLOVEC, J.: Vliv pastvy v rychlé rotaci na výnos a kvalitu píce u různých typů porostů. Rostl. Výr., 35, 1989 (11): 1175–1180.

SORMUNEN-CRISTIAN, R. – NYKÄNEN-KURKI, P. – PELTOLA, J.: On white clover-based grazing of lamb pastures. Proc. 16th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed. Grado, Italy, 1996 (16): 625–628.

SPEARS, J. W.: Minerals in forages. In: FAHEY, G. C. (ed.): Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, ASA, CSSA, SSSA 1994: 281–317.

ŠŮR, D. et al.: Výskum organizácie a techniky pasenia. [Záverečná správa.] Banská Bystrica, VÚLP 1990.

VELICH, J.: Základy pastevní techniky. In: VELICH, J. – PETŘÍK, M. – REGAL, V. – ŠTRÁFELDA, J. – TUREK F.: Pícninářství. Praha, VŠZ 1991: 180–184.

VENCL, B.: Nové systémy hodnocení energie krmiv pro skot a normy požadavků pro dojnice. Bull. Praha-Uhřetěves, VÚŽV 1990.

WALKER, J. W. – HEITSCHMIDT, R. K. – MORALES, E. A. DE – KOTHMANN, M. M. – DOHOWER, S. L.: Quality and botanical composition of cattle diets under rotational and continuous grazing treatments. J. Range Mgmt., 42, 1989: 239–242.

ZEMAN, L. et al.: Katalog krmiv. Pohořelice, VÚVZ 1995.

Došlo 15. 12. 1997

## Kontaktní adresa:

Dr. Ing. Vilém Pavlů, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, Výzkumná stanice travních ekosystémů, Rolnická 6, 460 11 Liberec 11, Česká republika, tel.: 048/510 37 18, fax: 048/510 37 18, e-mail: grass@mbox.vol.cz

## 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.

## 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 jednotku 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 dvojité 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 zkratk 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 obsahem 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 nedostatcích 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 PSC, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

# PLANT PRODUCTION

Volume 44, No. 6

June 1998

## CONTENTS

Míka V., Smítal F., Nerušil P.: Prediction of botanical composition of grasslands using spectroscopy in near infrared region (NIRS).....	245
Kohoutek A., Fojtík A., Horák J., Odstrčilová V., Novosadová P.: The effect of lyophilized soil extracts on germination, length of hypocotyl and root of <i>Trifolium pratense</i> , cv. Vesna and <i>Festuca arundinacea</i> , cv. Kora.....	251
Masarovičová E., Holubová M.: Effect of copper on growth and chlorophyll content of some herbs (in English) .....	261
Balík J., Tlustoš P., Száková J., Blahník R.: The effect of sewage sludge application on the accumulation of mercury in plants .....	267
Pelikán J.: Evaluation of performance in a collection of <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth. varieties (in English) .....	275
Licznar S. E., Hanes J., Libant V.: Applications of the scanning electron microscopy and the microanalysis (SEM-EDXRA) in the study of microconcretions in stagnogleyic luvisol (in English).....	281
Pavlu V., Velich J.: The quality of pasture forage under rotational and continual grazing of heifers .....	287

# ROSTLINNÁ VÝROBA

Ročník 44, č. 6

Červen 1998

## OBSAH

Míka V., Smítal F., Nerušil P.: Predikce botanického složení travních porostů pomocí spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIRS).....	245
Kohoutek A., Fojtík A., Horák J., Odstrčilová V., Novosadová P.: Vliv lyofilizovaných půdních výluhů na klíčivost, délku hypokotylu a kořene <i>Trifolium pratense</i> , cv. Vesna a <i>Festuca arundinacea</i> , cv. Kora.....	251
Masarovičová E., Holubová M.: Vplyv medi na rast a obsah chlorofylov u niektorých druhov bylín .....	261
Balík J., Tlustoš P., Száková J., Blahník R.: Vliv aplikace čistírenských kalů na akumulaci rtuti v rostlinách.....	267
Pelikán J.: Zhodnocení výkonnosti sortimentu odrůd svazenyk vratičolisté ( <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.) .....	275
Licznar S. E., Hanes J., Libant V.: Využitie skanovacieho elektrónového mikroskopu a mikrosondy (SEM-EDXRA) pri štúdiu mikrokonkrécií v luvizemi pseudoglejovej .....	281
Pavlu V., Velich J.: Kvalita pastervní píce při rotační a kontinuální pastvě jalovic.....	287
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA	
Michalík I.: Osemdesiatiny akademika Emila Špaldona .....	266

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA ● Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38 ● Sazba: Studio DOMINO – Ing. Jakub Cerný, Bří Nejedlých 245, 266 01 Beroun, tel.: 0311/22 959 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1998

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2