

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

# ROSTLINNÁ VÝROBA

## *Plant Production*

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

7

VOLUME 45  
PRAHA  
ČERVENEC 1999  
ISSN 0370-663X

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gescí 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 rastlinnej 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 Ne w b o u l d (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)  
Ing. Jaromír Procházk, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)  
Prof. Ing. Stanislav Procházk, 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 Vánová, 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, studie a analýzy z oblasti rostlinné výroby, především pěstování rostlin, tvorby výnosů plodin, kvality jejich produktů, semenářství, fyziologie rostlin, agrochemie, pedologie, mikrobiologie, meliorací a agroekologie. 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 45 vychází v roce 1999.

**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. Česká republika, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@uzpi.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 1999 je 816 Kč.

**Aims and scope:** Original scientific papers, results of research, review studies and analyses from the crop production sector, particularly care of crops, crop yield formation, quality of plant products, seed production, plant physiology, agrochemistry, soil science, microbiology and agri-ecology are published in this periodical.

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 45 appearing in 1999.

**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, Czech Republic, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@uzpi.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 1999 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

# INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND WAY OF CULTIVATION ON THE POLYPHENOL AND ASCORBIC ACID CONTENT IN POTATO TUBERS

## VLIV PODMÍNEK PROSTŘEDÍ A ZPŮSOBU PĚSTOVÁNÍ NA OBSAH POLYFENOLŮ A KYSELINY ASKORBOVÉ V HLÍZÁCH BRAMBOR

K. Hamouz<sup>1</sup>, J. Lachman<sup>1</sup>, B. Vokál<sup>2</sup>, V. Pivec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

<sup>2</sup>Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic

**ABSTRACT:** In 1995 till 1997 field trials were conducted to study the influence of environmental conditions of regions with different altitudes, variety, year and ecological way of cultivation on total polyphenol content (in Agria and Karin variety) and ascorbic acid (in seven varieties after five months of storage) in potato tubers. In three year trials significantly higher total polyphenol content was determined ( $46.25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) in potato tubers from traditional potato regions of the Czech Republic with higher altitude (cooler and more humid) in comparison with drier and warmer regions of lower altitudes ( $43.50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Highly significant differences of total polyphenol contents were found between two used varieties; total polyphenol content was higher in the Karin variety ( $52.89 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) than in the Agria variety ( $36.85 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Variety influence was more apparent than locality influence. In potatoes cultivated in ecological way in three year period higher total polyphenol content in tubers ( $47.64 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) was found than in potatoes cultivated in conventional way ( $43.20 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Our experiments have not proved dependence of ascorbic acid content on different ecological conditions of higher and lower situated regions of the Czech Republic. Significant influence on ascorbic acid content has shown the variety. In seven investigated varieties we have found the highest ascorbic acid amounts in the Impala variety ( $6.37 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), the lowest levels in the Rosella variety ( $5.16 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Influence of a given year on ascorbic acid content has been manifested more significantly in comparison with that of variety. Vegetations of all three years have differed each other very significantly in ascorbic acid content when they reached the levels 4.91, 6.47 and 5.75  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in 1995, 1996 and 1997. Ecological way of cultivation has not influenced ascorbic acid content in tubers because differences against the results obtained for potatoes cultivated in conventional way have not exceeded levels of statistical significance and there has not become evident an unambiguous trend.

**Keywords:** potato; polyphenols; ascorbic acid; environmental conditions; ecological cultivation; variety; year

**ABSTRAKT:** V přesných polních pokusech v letech 1995 až 1997 byl sledován vliv podmínek prostředí oblastí s různou nadmořskou výškou, odrůdy, ročníku a ekologického způsobu pěstování na obsah celkových polyfenolů (u odrůd Agria a Karin) a kyseliny askorbové (u sedmi odrůd po pěti měsících skladování) v hlízách brambor. V tříletých pokusech byl zjištěn průkazně vyšší obsah celkových polyfenolů ( $46,25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) v hlízách brambor z tradičních bramborářských poloh ČR s vyšší nadmořskou výškou (vlhčích a chladnějších) proti sušším a teplejším nižším polohám ( $43,50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Mezi dvěma užitými odrůdami byly shledány vysoce průkazné rozdíly v obsahu celkových polyfenolů, který byl vyšší u odrůdy Karin ( $52,89 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) než u odrůdy Agria ( $36,85 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Vliv odrůdy se projevil výrazněji než oblast. Vliv ročníku na obsah celkových polyfenolů jsme neprokázali. U brambor z ekologického pěstování byl zjištěn v průměru tři let vyšší obsah celkových polyfenolů v hlízách ( $47,64 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) než u brambor vypěstovaných konvenční technologií ( $43,20 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Naše pokusy nepotvrdily závislost obsahu kyseliny askorbové na rozdílných podmínkách prostředí výše a níže položených oblastí ČR. Významný vliv na obsah kyseliny askorbové měla odrůda. Ze sedmi sledovaných odrůd jsme zjistili nejvyšší hodnoty kyseliny askorbové u odrůdy Impala ( $6,37 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), nejnižší u odrůdy Rosella ( $5,16 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Rozdíly mezi těmito dvěma odrůdami byly vysoce průkazné. Vliv ročníku na obsah kyseliny askorbové se projevil výrazněji než odrůda. Vegetace všech tří let se mezi sebou lišily průkazně v obsahu kyseliny askorbové, když v letech 1995, 1996 a 1997 dosáhly průměrů 4,91, 6,47 a 5,75  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Ekologický způsob pěstování neovlivnil obsah kyseliny askorbové v hlízách, neboť rozdíly proti výsledkům z konvenční technologie nepřesáhly hranici statistické významnosti, ani se neprojevil jednoznačný trend.

**Klíčová slova:** brambory; polyfenoly; kyselina askorbová; podmínky prostředí; ekologické pěstování; odrůda; ročník

## INTRODUCTION

Potato tubers contain secondary metabolites (polyphenolic compounds) representing substrates for enzymatic browning of potatoes that is occurring during peeling, cutting or grating of raw potato tubers. L-Tyrosine ( $1-2 \cdot 10^{-3}$  M) and chlorogenic acid ( $2-6 \cdot 10^{-4}$  M) are major polyphenolic potato constituents (Matheis, 1987). Polyphenolic compounds, esp. chlorogenic acid together with ferric cations contribute to potato blackening after their cooking (Griffiths et al., 1992). The rate of enzymatic browning depends on many factors, such as concentration and type of phenolic compounds (Lachman et al., 1996), concentration and substrate specificity of polyphenol oxidases, concentration of oxygen, concentration of naturally occurring inhibitors of browning (Almeida, Nogueira, 1995). Differences in the potato browning rate are rather quantitative than qualitative differences of polyphenolic constituents of potato tubers (Ramamurthy et al., 1992).

Ascorbic acid (vitamin C) content in potato tubers attracts interest because of its content in tubers and deal of consumption potatoes represent important source of vitamin C in human nutrition. Ascorbic acid concentration in tubers influences degree and rate of enzymatic browning of potatoes because it is a naturally occurring inhibitor of this process (Almeida, Nogueira, 1995).

The content of polyphenol compounds and ascorbic acid in potato tubers is influenced by many factors. The most important are variety, soil and climatic conditions, technology of cultivation, maturity of tubers, injuring of tubers, period and temperature of storage. Regarding some factors mentioned above we are dealing in this work with the comparison of total polyphenol and ascorbic acid contents in the potatoes cultivated in different ecological conditions. These conditions have represented potato growing localities of the Czech Republic of higher altitudes and lower situated localities where in the 90s the areas cultivated with consumer potatoes have been raised.

## MATERIAL AND METHODS

In 1995, 1996 and 1997 field trials were conducted to cultivate potato varieties Impala, Karin, Agria, Korela, Rosella, Santé and Ornella on 12 localities in the Czech Republic after the unified agrotechnics under the same growing conditions. Six localities (Domanínek, Hradec nad Svitavou, Chrástava, Lípa, Stachy and Valečov) are situated in typical potato growing regions and in the work we designate them with common term higher situated regions. These localities are situated 345 to 860 m above sea level (average 531 m) with predominantly sandy loam soils and with average annual temperature from 6.3 to 7.7 °C (average 6.82 °C) and with annual precipitation from 602 to 798 mm (average 677 mm). Consequently, these regions belong to cooler and more humid localities. Other six localities (Čáslav, Ivanovice na Hané, Přerov nad Labem, Praha-Suchdol, Uherský

Ostroh and Uhříněves) are situated in lower altitudes (lower situated regions) from 178 to 295 m above sea level (average 244 m) with predominantly loam soils and average annual temperatures from 8.2 to 9.2 °C (average 8.58 °C) and annual precipitation from 510 to 622 mm (average 566 mm). Consequently, these lower situated regions are warmer and drier. On two localities (Uhříněves and Valečov) potatoes were cultivated except the conventional way of cultivation also by ecological alternative way without using any chemical protection and industrial fertilisers.

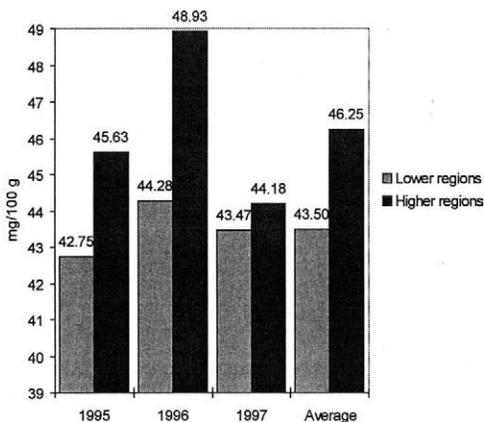
After the harvest total polyphenol content (TP) in tubers from all 12 field experimental localities in Agria and Karin varieties was estimated at the Department of Chemistry of the Czech University of Agriculture in Prague. The TP content was determined in centrifugates from peeled potato tubers with Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Fluka Chemie AG) after addition of 20%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solution spectrophotometrically on the Spekol 11 spectrophotometer at  $\lambda = 765$  nm against blank. The intensity of formed blue colour was measured after 2 hours standing after centrifugation and TP content expressed as gallic acid (Lachman et al., 1996). Peeled potato tuber was homogenised in the shortest time and was weighed 10 g into 100mL volumetric flask for the determination. The flask was filled with 80% ethanol till the mark and after thorough agitation and homogenisation the solution was filtered. For determination 5 mL aliquots were pipetted.

During the sample preparation for ascorbic acid (AA) content determination potato tubers of average size were cut lengthways to obtain the apical and stolon end parts in the samples. Samples (10 g) were cut into small cubes in the vessel under carbon dioxide and then quantitatively transferred into 300mL Erlenmayer's flasks. These flasks already contained 60 mL of moderately warm working solution (30 g solid  $\text{HPO}_3$ , 80 mL acetic acid and about 400 mL distilled water is agitated until solid  $\text{HPO}_3$  is dissolved and then the volume is adjusted to 1000 mL). The flask was then connected to apparatus with a condenser. Into the inner part of condenser was inserted glass tube reaching the bottom and carbon dioxide was carried in. The sample was cooked for 10 min accurately. Then the flask was quickly cooled, liquid quantitatively transferred into 100mL volumetric flask and filled with the working solution until the mark. From this solution 10mL aliquots were pipetted for determination into 50mL volumetric flasks containing already 20 mL working solution. AA was determined by the titration with 2,6-dichlorophenolindophenol according to Davídek et al. (1977).

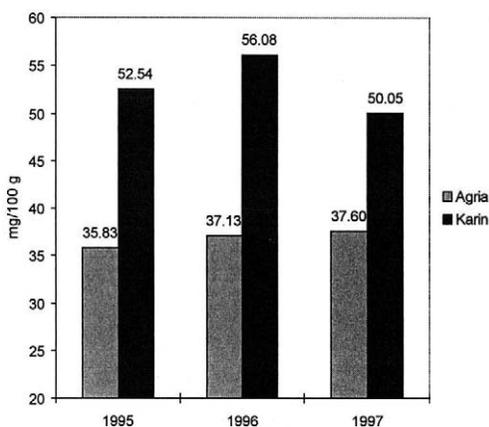
## RESULTS AND DISCUSSION

### Content of total polyphenols

Potatoes cultivated in warmer and drier regions with lower altitudes and predominantly with loam soils contained in all three years lesser amounts of polyphenolic



1. Total polyphenol content (mg.100 g<sup>-1</sup>) affected by environmental conditions of growing regions (average of Agria and Karin varieties from six localities of both types of region)



2. Total polyphenol content (mg.100 g<sup>-1</sup>) affected by variety (average from 12 localities)

I. Analysis of variance of the content of total polyphenols (results of three years of Agria and Karin varieties from 12 localities)

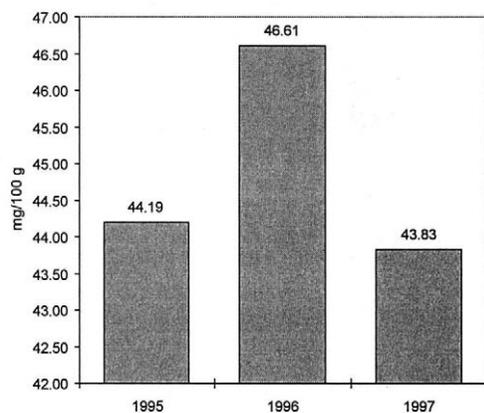
Source of variability	d.f.	Sum of squares	F-values	Significance
Regions	1	285.047	5.457	*
Varieties	1	9 383.151	179.674	**
Years	2	198.311	1.898	

\* significant differences ( $P < 0.05$ )

\*\* highly significant differences ( $P < 0.01$ )

compounds in comparison with potatoes from cooler and more humid regions with predominantly sandy loam soils (Fig. 1). Difference among regions was in three year average statistically conclusive (Tab. I). In more detail evaluation of the given year we have determined conclusive difference among regions in the year 1995, in further two years consonant trend was recorded. Our trials and experiments have proved that more rough climatic conditions in higher situated regions cause moderate increase of total polyphenolic compounds content. In literature we have found only information (Mapson et al., 1963) that in some cases direct dependence of tyrosine content in potatoes on precipitation in the given locality was recorded. It corresponds to our results obtained for total polyphenol, but it is not necessary in full agreement between tyrosine and total polyphenol contents.

Between two used varieties Agria and Karin in three year trials highly significant differences in total polyphenol contents (Tab. 1) were found. The results obtained were unambiguously favourable in the variety Agria, in that year lesser polyphenol amounts were found by 25.0 to 33.8%. From the factors studied (locality, variety and year of cultivation) variety had the highest influence on the total polyphenol content (Fig. 2). The effect of variety on the content of polyphenolic compounds was confirmed e.g. by Al-Saikhan et al. (1995).



3. Polyphenol content (mg.100 g<sup>-1</sup>) affected by year (average of Agria and Karin varieties from 12 localities)

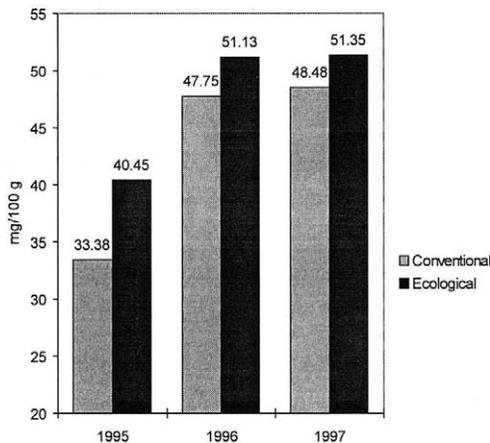
Total polyphenolic content was not significantly influenced by the given year (Tab. I) in our experiments. Average values in Agria and Karin varieties from twelve localities show the highest total polyphenol content in the year 1996 and the lowest in the year 1997 where the decrease was 6% (Fig. 3). Such differences among years represent only tendency.

In potatoes cultivated in ecological trend in average of three years higher total polyphenol content was proved than in potatoes cultivated in traditional conventional way (Tab. II). In the given year the difference between ways of cultivation was statistically significant only in the year 1995, in other years consonant trend was determined (Fig. 4). Moderately higher polyphenol content in potatoes cultivated in ecological way is in accordance with our former results (Hamouz et al., 1997). It could be explained by the fact that chemically untreated plant defend itself with higher polyphenol amounts (un-

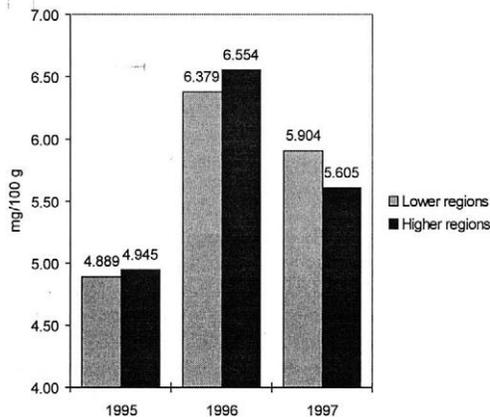
II. Analysis of variance of the content of total polyphenols (results of three years of Agria and Karin varieties from two localities)

Source of variability	<i>d.f.</i>	Sum of squares	<i>F</i> -values	Significance
Way of cultivation	1	236.741	9.156	**
Varieties	1	1 756.920	67.951	**
Years	2	1 739.402	33.637	**

\*\* highly significant differences ( $P < 0.01$ )



4. Polyphenol content ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) affected by way of cultivation (average of Agria and Karin varieties from two localities)



5. Ascorbic acid content ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) affected by environmental conditions of region and year (average of seven varieties)

desirable from the point of view of consumer potatoes) against unfavourable extrinsic factors. This explanation is in accordance with the statement made by Castanera et al. (1996) that polyphenols contribute to defensive mechanism of plants in the case of attack with micro-organisms.

III. Analysis of variance of the content of ascorbic acid (results of three years of seven varieties from 12 localities)

Source of variability	<i>d.f.</i>	Sum of squares	<i>F</i> -values	Significance
Regions	1	0.010	0.006	
Varieties	6	32.822	3.073	**
Years	2	95.406	26.794	**

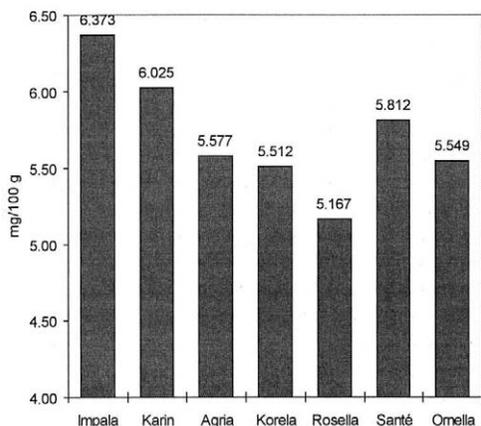
\*\* highly significant differences ( $P < 0.01$ )

**Ascorbic acid content**

In our experiments the influence of environmental conditions of the given region on ascorbic acid content was not determined. Differences in its content in tubers coming from lower and higher levels were low (Fig. 5) and in three-year average (Tab. III) they have not been extended beyond the levels of statistical significance in the given year. In references where authors described influence of many factors on ascorbic acid content the effect of environmental conditions is practically not mentioned. Only Mondy et al. (1979) have found that ascorbic acid content in potato tubers was influenced by the soil type; higher levels were found in potatoes from sandy loam soils in comparison with potatoes from loam soils. This information was not confirmed by our experiments. Absolute amounts of ascorbic acid content are in our results substantially different in comparison with other authors who referred usual differences of levels in freshly harvested tubers 15 to 25  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . For instance Cieslik (1994) has found in five varieties average level 16.4  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Lower amounts found in our results are in connection with time of the determination after period of five months after harvest because from literary data it is known that during storage period ascorbic acid content is significantly decreasing.

The variety had the significant effect on ascorbic acid content (Fig. 6). In seven investigated varieties in average in three years the highest ascorbic acid content was found in the Impala variety the lowest in the Rosella variety where the decrease was 18.9%. Differences in ascorbic acid content between these two varieties were highly significant, in other varieties we have found only tendencies. It corresponds to results of other authors who also have found differences in vitamin C concentration in tubers among varieties (e.g. Cieslik, 1994).

Year of cultivation had higher influence on ascorbic acid content in our field trials in comparison with the variety (Tab. III). There were significant differences in ascorbic acid content in a given year. The highest amounts were found in the 1996 year, whereas in the year 1995 average levels were lower by 24.0% and in the year 1997 by 10.4% (Fig. 5). Our theoretical reasons for the highest ascorbic acid content in the year 1996 are due to the distribution of precipitation during vegetation that has influenced tuber maturity in that year. After drier weather course in July and the first half of August was the end of August and September rich in rate of catch



6. Ascorbic acid content (mg.100 g<sup>-1</sup>) affected by variety (average of three years from 12 localities)

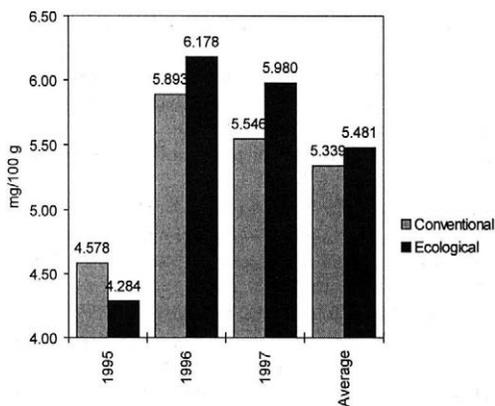
IV. Analysis of variance of the content of ascorbic acid (results of three years from two localities)

Source of variability	d.f.	Sum of squares	F-values	Significance
Way of cultivation	1	0.431	0.442	
Varieties	5	23.094	4.742	**
Years	2	38.095	19.554	**

\*\* highly significant differences ( $P < 0.01$ )

with temperatures below normal values. Potatoes grew quickly up, worse matured and some varieties produced knobby tubers or second growth. With lower tuber maturity could be connected higher ascorbic acid content, this statement is in accordance with the results obtained by Mondy, Munshi (1993). These authors studied the effect of tuber maturity in potato Ontario and Pontiac varieties on ascorbic acid concentration. They harvested both varieties 7, 9, 11, 15 and 17 weeks after planting and have found that the ascorbic acid concentration increased significantly till 11th week after planting and then decreased. In accordance with our results also other authors have proved the influence of the year of cultivation on ascorbic acid content (e.g. Cieslik, 1994).

Way of cultivation has not influenced ascorbic acid amount in tubers statistically significantly. In average of three years (Tab. IV) and also in a given year were not significant differences in ascorbic acid content in potatoes cultivated in conventional and ecological way. From average values determined in the given years in the year 1995 is apparent higher ascorbic acid content in potatoes cultivated in conventional way, but in further two years the tendency of higher content in tubers cultivated in ecological technology is apparent (Fig. 7). From other authors Štorková, Prugar (1997) reported that results from more year field trials show higher content of vitamin C in ecologically cultivated potatoes, but differences were not statistically significant. Cieslik



7. Ascorbic acid content (mg.100 g<sup>-1</sup>) affected by way of cultivation (conventional or ecological)

(1994) has found negative correlation between nitrate and vitamin C contents in potatoes. That was confirmed by the results of Takebe, Yoneyama (1992) who investigated effect of N fertilisation (0, 10 and 20 g N.m<sup>-2</sup>) on ascorbic acid content and have determined its lowest amount in tubers grown on fields with rate 20 g.m<sup>-2</sup>. This information about higher ascorbic acid content in ecologically cultivated potatoes was neither confirmed nor refuted by our results. Tendency to higher ascorbic acid content in ecologically cultivated potatoes in 1996 and 1997 years could be rather explained by premature termination of vegetation with late blight (*Phytophthora infestans* Mont.) in this chemically untreated variants in the 1996 and 1997 years, esp. on the Uhříněves locality at the stage of full vegetation with unmaturing tubers.

#### Acknowledgement

This contribution has raised on the basis of the results obtained in investigation of the project of the Ministry of Agriculture CR No. IE 0950975119 and authors thank to the Ministry of Agriculture CR for financial support that has enabled this work.

#### REFERENCES

- Almeida M. E. M., Nogueira J. N. (1995): The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables: a study of the interactions between the chemical compounds used and heat treatment. *Pl. Fds Hum. Nutr. Dordrecht*, 47: 245-256.
- Al-Saikhan M. S., Howard L. R., Miller J. C., Jr. (1995): Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Fd Sci.*, 60: 341-343.
- Castanera P., Steffens J. C., Tingey W. M. (1996): Biological performance of Colorado potato beetle larvae on potato

- genotypes with differing levels of polyphenol oxidase. *J. Chem. Ecol.*, 22: 91–101.
- Cieslik E. (1994): The effect of naturally occurring vitamin C in potato tubers on the levels of nitrates and nitrites. *Fd. Chem.*, 49: 233–235.
- Davídek J. a kol. (1977): Laboratorní příručka analýzy potravin. Praha, SNTL. 718 pp.
- Griffiths D. W., Baine H., Dale M. F. B. (1992): Development of a rapid colorimetric method for the determination of chlorogenic acid in freeze-dried potato tubers. *J. Sci. Fd Agric.*, 58: 41–48.
- Hamouz K., Lachman J., Pivec V., Orsák M. (1997): Vliv podmínek pěstování na obsah polyfenolických látek v bramborách u odrůd Agria a Karin. *Rostl. Výr.*, 43: 541–546.
- Lachman J., Pivec V., Orsák M. (1996): Polyphenols and enzymatic oxidative browning of potatoes regarding their quality. *Proc. Symp. Chemical reactions in foods III, FECS WP Fd and Agric. Chem., Fed. Eur. Chem. Soc. Event*, 217: 17–20.
- Mapson L. W., Swain T., Tomalin A. W. (1963): Influence of variety, cultural conditions and temperature of storage on enzymic browning of potato tubers. *J. Sci. Fd Agric.*, 14: 673.
- Matheis G. (1987): Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes (*Solanum tuberosum*). II. Enzymatic browning and potato constituents. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.*, 11: 33–41.
- Mondy N. I., Munshi C. B. (1993): Effect of maturity and storage on ascorbic acid and tyrosine concentrations and enzymic discoloration of potatoes. *J. Agric. Fd Chem.*, 41: 1868–1871.
- Mondy N. I., Koch R. L., Chandra S. (1979): Influence of nitrogen fertilization on potato discoloration in relation to chemical composition. 2. Phenols and ascorbic acid. *J. Agric. Fd Chem.*, 27: 418–420.
- Ramamurthy M. S., Maiti B., Thomas P., Nair P. M. (1992): High-performance liquid chromatography determination of phenolic acids in potato tubers (*Solanum tuberosum*) during wound healing. *J. Agric. Fd Chem.*, 40: 569–572.
- Štorková J., Prugar J. (1997): Kvalita brambor z ekologického pěstebního systému. *Výž. a Potravn.*, 52: 2–5.
- Takebe M., Yoneyama T. (1992): Plant growth and ascorbic acid. 1. Changes of ascorbic acid concentrations in the leaves and tubers of sweet potato (*Ipomea batatas* Lam.) and potato (*Solanum tuberosum* L.). *Nippon Dojo Hiryo-gaku Zasshi*, 63: 447–454.

Received on January 21, 1999

---

Contact Address:

Ing. Karel Hamouz, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 25 48, fax: 02/24 38 25 35, e-mail: safrankova@af.czu.cz

---

# EFFECTS OF MAGNESIUM AND NITROGEN FOLIAR FERTILISERS ON OILSEED RAPE

## VLIV FOLIÁRNÍ APLIKACE HOŘČÍKU A DUSÍKU NA VÝŽIVNÝ STAV OZIMÉ ŘEPKY

P. Yang-Yuen, P. Tlustoš, J. Balík, V. Vaněk

*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** Field experiment was used to test an effect of N rate and foliar application of N and Mg or their mixture on the growth, yield of seeds and nutrient status of oilseed rape. Loamy Luvisols with sufficient supply of available elements are presented at the location. The N application in the rate of 120 kg.ha<sup>-1</sup> showed the highest yield of seeds. Neither additional N application, nor foliar application of N, Mg and their combinations in seven treatments showed a positive response to the yield and nutrient status.

**Keywords:** foliar application; oilseed rape; nitrogen; magnesium; yield; nutrient uptake

**ABSTRAKT:** V přesném polním pokusu na pokusné stanici AF ČZU v Červeném Újezdu byl sledován vliv stupňované dávky N aplikované na jaře a foliární aplikace různých forem N a Mg, resp. jejich kombinace na výnos semene ozimé řepky, její výživný stav během vegetace a akumulaci N a Mg v semenech. Přesné polní pokusy byly založeny na hlinité luvizemi, s průměrnými hodnotami pH<sub>KCl</sub> = 6,4, KVK = 153 mval.kg<sup>-1</sup>, obsahem přístupného P = 114 mg.kg<sup>-1</sup>, K = 254 mg.kg<sup>-1</sup> a Mg = 150 mg.kg<sup>-1</sup> (Mehlich II). Ke sledování byla vybrána odrůda Lirajet. N byl aplikován v dávkách 120 a 180 kg.ha<sup>-1</sup> děleně po 60 kg.ha<sup>-1</sup> ve fázích DC 29, DC 50-51 a DC 60 ve formě ledku amonného s vápencem (27,5 % N) podle celkové dávky. Varianty hnojené N byly porovnávány s nehnojenou variantou. V růstové fázi DC 29 a DC 50-51 byla dvakrát provedena foliární aplikace ověřovaných roztoků v sedmi variantách (viz schéma). Dávka Mg byla jednotná ve všech variantách a odpovídala 0,3 kg.ha<sup>-1</sup> v jedné aplikaci, dávka N se lišila podle použitého přípravku a pohybovala se v intervalu 0,4 až 1,3 kg.ha<sup>-1</sup>. Odběr rostlin a hodnocení obsahu chlorofylu proběhlo ve fázi DC 60-63. Získané výsledky prokázaly, že rozhodující vliv na nárůst biomasy i výnos semene mělo hnojení N. Maximálního výnosu bylo dosaženo na variantě hnojené 120 kg N.ha<sup>-1</sup>, následně zvyšování dávky N nevedlo k dalšímu nárůstu výnosu. Foliární aplikace N a Mg, resp. jejich kombinace neměly na tomto úrodném, živinami dobře zásobeném stanovišti vliv na výnos semene řepky. Také hodnocení dalších sledovaných parametrů ukázalo, že v daném pokusném schématu má jednoznačně pozitivní vliv pouze běžná aplikace N v dávce 120 kg.ha<sup>-1</sup>. Další zvyšování dávky N i foliární aplikace komerčně vyráběných přípravků, resp. vlastních ověřovaných kombinací N a Mg nevedly ke statisticky významnému nárůstu obsahu chlorofylu, ani ke změně výživného stavu rostlin N a Mg, resp. ani ke změně obsahu obou prvků v semenech řepky. Získané výsledky potvrdily, že při dobré zásobě přijatelných živin v půdě a jejich vhodném poměru nevedla foliární aplikace N a Mg během vegetace ke zlepšení výživného stavu a zvýšení výnosu semene řepky.

**Klíčová slova:** foliární aplikace; řepka; dusík; hořčík; výnos; odběr živin

### INTRODUCTION

Relationship between nutrient uptake, plant biomass, economic yield and supply of nutrients during development of plants to maintain an optimum yield throughout the period of growth was mentioned by Rao, Dao (1996).

Nitrogen (N), the most common nutrient limiting yield, was utilized in very high rate to ensure crop yield in the past. But, currently, impacts of N losses from agriculture field on the environment are known very well. So that, fertiliser application methods and management techniques to minimize N losses or maintain crop yield have been

evaluated, e.g. deep placement of fertiliser (Rao, Dao, 1996) fertiliser source (Tlustoš et al., 1994).

Application of foliar fertilisers became popular in the 1970s and 1980s (Moore et al., 1996) and the research on a foliar application has been conducted. Urea was the most common fertiliser used on the farmer fields for foliar application in the past. Lamb, Moraghan (1993) found that sugar and root yield of sugar beet under N deficient condition were increased by using of urea-ammonium nitrate (28% N) solution applied as foliar spray, but the method did not affect nondeficient plants. Tomar (1988) found that N foliar application could increase yield of maize.

The prior experiments indicated that efficiency of foliar spray was higher than soil application, and increased yield of citrus, apples, tobacco, wheat and grass. On the other hand, foliar application of high concentration of N fertiliser can caused leaf damage but the damage can be ameliorated by addition of magnesium sulphate to N sprayed fertiliser (Gasser, 1964; Mitsui, 1967; Lamb, Moraghan, 1993).

Addition of Mg to foliar N fertiliser, nowadays, not only for reduction of the leaf damage but also to ensure a balance of Mg in plant, several times, Mg deficiency was found. Deficiency of Mg in plants can be caused by various factors: (i) residual effect of K utilization at high rate, (ii) leaching and erosion of soil Mg, particularly in sandy soil and (iii) high purity of new fertilisers, while in the past Mg as impurity in major fertilisers was the main source of Mg for soil amelioration.

The research for optimum plant uptake of Mg has been reported by a number of papers. Bolton (1973) found that Mg uptake and exchangeable Mg in the soil were increased by application of Mg fertiliser. Matula et al. (1996) showed that application of Mg to the soil might be failure, because available Mg depended on Mg/K ratio in the soil, therefore, application of Mg to the soil might not be successful unless soil K is not optimized. Additionally, application of Mg to the soil can cause other cation deficiency due to the antagonistic effect.

Currently, commercial fertilisers containing N and Mg for foliar application have been available, and the application of sprayable fertilisers should be suitable for plant nutrition.

The experiment was carried out to determine plant yield and nutrient intake of oilseed rape and their response to Mg and N foliar fertilisers.

## MATERIAL AND METHODS

Oilseed rape variety Lirajet, plant taken up a high amount of nutrients was used as a tester crop. Field experiment was conducted in 1997 and 1998 at the Research Station of Czech University of Agriculture at Červený Újezd. Nitro chalk (27% N) was applied at the rate of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> during rosette and booting growth stage. Application of fertiliser was done in two half split rates of N. Higher rate of N application, 180 kg.ha<sup>-1</sup> that was done in three third split rates and omissive application of N was included as a reference plot. Foliar fertilisers containing N, Mg or both N and Mg were applied twice during booting stage of plants. The ex-

periment was arranged in randomized complete block design, nine treatments in four replications, in 12.5 sqm of plot size. The field is 405 m above sea level with mean annual precipitation 549 mm and the precipitation over vegetation period is 361 mm. Soil is loamy Luvisols and main parameters are described in Tab. I.

The main design of experiment treatments (T):

- T1 nonapplication of fertilisers
- T2 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by water
- T3 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by Campfort (22% N, 8% MgO)
- T4 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by mixture of urea (46% N) and magnesium sulphate (16% MgO) solution
- T5 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by urea (46% N)
- T6 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by magnesium sulphate (16% MgO) solution
- T7 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by MgN-Sol (110 g N, 140 g MgO.l<sup>-1</sup>)
- T8 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and foliar spray by Hycol-BN (60 g N, 30 g MgO.l<sup>-1</sup>)
- T9 180 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil

Solution of foliar fertilisers was diluted by tap water for application at the rate equivalent to 500 l.ha<sup>-1</sup> for application of 0.5 kg MgO.ha<sup>-1</sup> at each treatment, and 1.3 kg N.ha<sup>-1</sup> in case of urea. During pot setting, estimate of chlorophyll content in plant leaf was done by using chlorophyll meter (Hydro) and four plants per plot were randomly sampled for investigation of N and Mg content in plant tissues. Seed yield, N and Mg content in seeds at harvest were also investigated.

Statistical analysis of data was done and significant difference among treatments was compared by *LSD*. MstatC software (Michigan State University) was used.

## RESULTS

### Seed yield

Result from statistical combine analysis over two years showed yield response to fertilisers application. Both, the results of each year and by average, showed yield increase with increase of N application from 0 to 120 kg.ha<sup>-1</sup>. But an additional increase of N rate from 120 to 180 kg.ha<sup>-1</sup> did not make any further effect on the yield.

The lowest yield (Fig. 1) was brought from nonfertiliser application treatment (T1) and was 2.18 t.ha<sup>-1</sup>. The highest mean yield, at 3.51 t.ha<sup>-1</sup> that equivalent to 61% higher than nonfertiliser treatment, was brought by the application of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil (T2). Foliar application of individual elements (N or Mg) or the mixture of N and Mg fertilisers did not increase the seed yield. Our results showed neither the form, nor the

I. The main soil parameters of experimental field at Červený Újezd

Year	CEC (mmol.kg <sup>-1</sup> )	C <sub>org</sub> (%)	pH (KCl)	Soil test (mg.kg <sup>-1</sup> )		
				Mg	K	Ca
1997	150	1.50	6.3	144	249	2 203
1998	144	1.38	6.4	157	258	2 304

element combination affected seed yield if the soil supply of both investigated elements fit to good level.

### Relative leaf chlorophyll content

Relative leaf chlorophyll content estimated by chlorophyll meter (Hydro) showed a significant difference among treatments at 99.9% confident interval in 1997, the similar trend but insignificant was found in 1998. The results from statistical combine analysis over two years (Fig. 2) showed highly significant difference among treatments. The value of estimate chlorophyll significantly correlated with seed yield. Nonfertiliser treatment (T1) showed the reading value at 628 unit by average over two years. The estimated reading increased significantly, about 12%, by 120 kg N.ha<sup>-1</sup> application. Increasing rate of N application from 120 to 180 kg.ha<sup>-1</sup> by additional application of N fertilisers did not increase chlorophyll estimated value.

Foliar application of urea gave the highest chlorophyll value among all treatments in 1997, but the results were not confirmed in the second year and showed a high weather effect on the utilization of nutrient elements by foliar application.

### Nutrient content in plant tissues

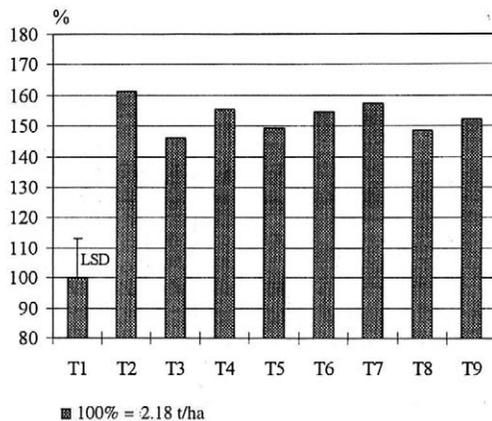
N content in plant tissue over two years of experiment (Fig. 3) was highly significant among treatments. Increasing of N content coincided with increment of N rate from 0 to 120 kg.ha<sup>-1</sup>, but further increased N application to 180 kg.ha<sup>-1</sup> showed no additional effect.

N content in plant tissue of nonfertiliser application treatment (T1) was 1.2%. Increasing soil N application from 120 to 180 kg.ha<sup>-1</sup> or fertiliser subsidy by foliar spray gave the result of N content in plant tissue and total intake of N per plant not significantly different from application of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> alone (T2). Application of 180, 120 and 120 kg N.ha<sup>-1</sup> combined with foliar fertilisers application increased N content in plant tissue up to 1.6% dry matter of above-ground plant tissue.

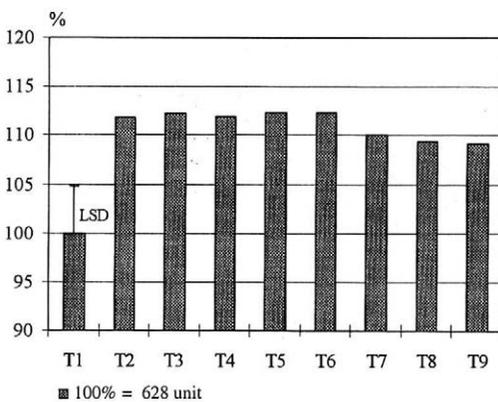
Average Mg content (Fig. 4) in both 1997 and 1998 showed a high variation and were not significantly different among treatments. Average Mg content over two years was 0.11% in plant tissue, at nonfertiliser application (T1) and dropped down at 120 kg N.ha<sup>-1</sup> application. Additional application of Hycol-BN (T8) improved Mg intake and showed the highest Mg content in oilseed rape biomass.

### Nutrient content in seed

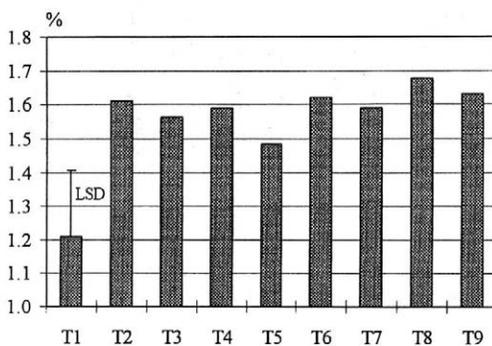
Increase in N rate from 0 to 120 kg.ha<sup>-1</sup> affected N content in seed (Fig. 5). By average over two years nonfertilised treatment (T1) showed 2.96% of N in dry seed. N content in seed increased by combination of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil and urea-magnesium sulphate mixture solution spray (T4), 120 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil



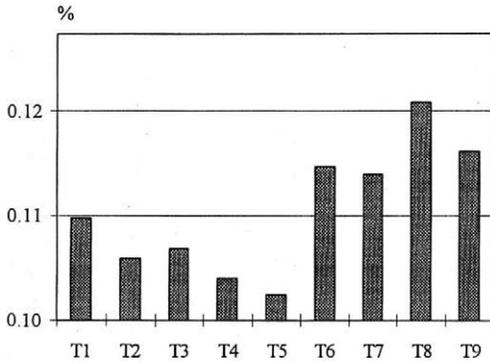
1. The response of oilseed rape yield to N and Mg application (LSD at 95% confidence interval)



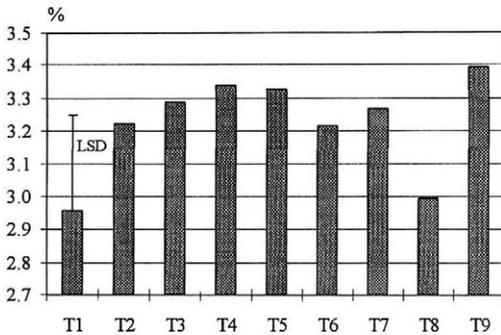
2. The effect of N and Mg application on relative values of leaf chlorophyll



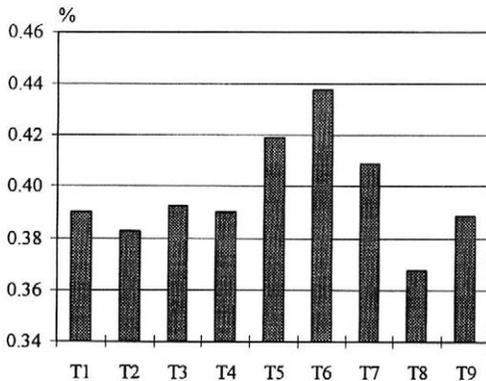
3. The response of N content in above-ground dry matter of oilseed rape to N and Mg application



4. The response of Mg content in above-ground dry matter of oilseed rape to N and Mg application (not significant difference among treatments)



5. The response of N content in seed of oilseed rape to N and Mg application



6. The response of Mg content in seed of oilseed rape to N and Mg application (not significant difference among treatments)

and urea solution spray (T5) and application of 180 kg N.ha<sup>-1</sup> via the soil (T9) about 13, 13, and 15%, resp. Application of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> to the soil without foliar

spray brought about increment of N content in seed at 9% higher than nonfertilised treatment (T1).

Mg content in seed (Fig. 6) was not significantly different among treatments in both 1997 and 1998 experimental years. Average of Mg content in grain over two years, was 0.39 and 0.38% of grain in dry weight and was brought by nonfertilised treatment (T1) and 120 kg N.ha<sup>-1</sup> application without foliar application (T2), resp. Combination of foliar spray of magnesium sulphate solution and 120 kg N.ha<sup>-1</sup> application to the soil (T6) slightly increased the accumulation of Mg in grain up to 0.44% of Mg in dry weight.

## DISCUSSION

Yield and N content in above-ground plant tissue increased with increasing rate of N application from 0 to 120 kg.ha<sup>-1</sup> but further increase of N application to 180 kg N.ha<sup>-1</sup> did not affect both parameters.

Similar results were found in maize yield (Ballesta, Lloveras, 1996) and oilseed rape dry matter (Colnenne et al., 1996). The evidence from Setatou, Simonis (1996) seems to be the explanation of these phenomena. It was found that declination of N recovered in maize coincided with increment of N fertiliser application caused a reduction of N uptake gain.

N content in seed was increased by increasing of N application up to 180 kg.ha<sup>-1</sup> (T9) or application of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> and subsidized by foliar fertiliser contain urea at a rate of 2.6 kg N.ha<sup>-1</sup> (T4 and T5). The response of N content in seed to application of 120 kg N.ha<sup>-1</sup> with other source of foliar application (T3, T6, T7 and T8) or without foliar application (T2) was not found, probably, caused by dilution effect of N. The similar evidence was also found by Lopez-Bellido et al. (1996).

Foliar fertilisers containing Mg did not significantly affect both intake of Mg and plant yield. The similar results were found several times at the same location for oilseed rape (Balík et al., 1998) and for maize (Yang-Yuen et al., 1998).

Balík et al. (1998) found that intake of Mg and seed yield of winter rape did not respond to foliar Mg application at any growth stage, and available nutrients of 222 mg K.kg<sup>-1</sup> and 163 mg Mg.kg<sup>-1</sup> soil were found in this experimental field. It was suggested by Bolton (1973) that (i) exchangeable Mg at 50 mg.kg<sup>-1</sup> soil is considered to be sufficient for the most crops, (ii) increase of soil exchangeable Mg from 50 to 100 mg.kg<sup>-1</sup> less affect Mg intake and yield. Therefore, it can be assumed that no response of Mg intake and winter rape yield caused by Mg application in this experiment, probably due to sufficient supply of soil Mg and optimum ratio of cations in soil of experiment site (Tab. I).

## Acknowledgment

The authors would like to express our thanks to scientific board of the Czech University of Agriculture in

Prague for support of the research by projects 204/10/18397/0 and 204/10/23898/0.

## REFERENCES

- Balík J., Tlustoš P., Yang-Yuen P., Száková J., Pavlíková D., Balíková M., Černý J., Němeček R., Kaewrahn S., Brodský L., Přibyl J. (1998): Effect of Hycol-BN on winter rape. [Project report.] Praha, Czech Univ. Agric. (in Czech)
- Ballesta A., Lloveras J. (1996): Effect of nitrogen fertilization on maize production and on soil nitrate accumulation in the irrigated areas of Ebro valley (Spain). 4th Congr. Eur. Soc. Agron.: 328–329.
- Bolton J. (1973): Source of magnesium for sugar beet, potatoes and wheat grown on acid sandy soil at Woburn. *Beds. J. Agric. Sci. Cambridge*, 81: 553–555.
- Colnenne C., Meynard J. M., Reau R. (1996): Temporary nitrogen deficiencies in autumn have no effect on yield in oilseed rape. 4th Congr. Eur. Soc. Agron.: 336–337.
- Gasser J. K. (1964): Urea as a fertilizer. *Soil and Fertil.*, 27: 175–180.
- Lamb J. A., Moraghan J. T. (1993): Comparison of foliar and preplant applied nitrogen fertilizer for sugar beet. *Agron. J.*, 85: 290–295.
- Lopez-Bellido L., Fuentes M., Castillo J. E., Lopez-Garrido F. G., Fernandez E. J. (1996): Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agron. J.*, 88: 783–791.
- Matula J., Mikšík V., Hrozinková A., Pechová M. (1996): Soil supply with magnesium and the content of magnesium in the above-ground mass of young rye plants. *Rostl. Výr.*, 42: 417–423.
- Mitsui S. (1967): Urea, its characteristics and efficient use as fertiliser in Japan. *Urea Res. Organiz. Jap. Ammonium Sulphate Ind. Assoc.*: 81–95.
- Moore R. W., Christians N. E., Agnew M. L. (1996): Response of Kentucky blue grass cultivars to sprayable nitrogen fertilizer programs. *Crop Sci.*, 36: 1296–1301.
- Rao H. C., Dao T. H. (1996): Nitrogen placement and tillage effects on dry matter and nitrogen accumulation and redistribution in winter wheat. *Agron. J.*, 88: 365–371.
- Setatou H. B., Simonis A. D. (1996): Recovery nitrogen in maize in pot experiments using different Greek soils. 4th Congr. Eur. Soc. Agron.: 376–377.
- Tlustoš P., Balík J., Pavlíková D. (1994): The effect of fertilizer coating on the nutrient released from NPK fertilizers. *Rostl. Výr.*, 40: 219–229.
- Tomar J. S., Mackenzie A. F., Mehuys G. R., Alli I. (1988): Corn growth with foliar nitrogen, soil-applied nitrogen, and legume intercrops. *Agronomia*, 80: 802–807.
- Yang-Yuen P., Tlustoš P., Balík J., Pavlíková D., Vaněk V. (1998): Foliar application of Mg and N fertiliser affected maize growth and composition. Rational utility of chemical fertiliser. *Conf. Czech Univ. Agric. Praha*: 105–109.

Received on January 21, 1999

---

### Contact Address:

Ing. Pavel Tlustoš, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 33, fax: 02/20 92 03 12, e-mail: tlostos@af.czu.cz

---

## ÚLOHA DRUHOV A KULTIVAROV VIACROČNÝCH KRMOVÍN V PROCESE DEINTENZIFIKÁCIE VÝROBY OBJEMOVÝCH KRMÍV

*Biul. Oceny Odmian, 29, Poznań, COBOR 1997. 257 s., 128 tab., 44 obr.*

Posledné číslo známeho poľského bulletinu zahŕňa príspevky prezentované na konferencii *Úloha druhov a kultivarov viacročných krmovín v procese deintenzifikácie výroby objemových krmív v Slupi Wielikej* (1996). V štyroch úvodných príspevkoch definuje P. Goliński problematiku deintenzifikácie, resp. extenzifikácie výroby objemových krmovín z technického, ekologického i ekonomického hľadiska.

Séria ďalších viac než 35 príspevkov je venovaná problematike využitia tráv a bôbovitých v podmienkach zníženého využívania krmovín, resp. vstupov, kde primárnu úlohu môžu zohrávať ich základné druhy, ako *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* i *Medicago sativa*.

Priestor bol daný aj problematike využívania sortimentu tráv v súčasných ekonomicko-výrobných podmienkach Poľska. V zborníku možno nájsť aj informácie o použití zriedkavejších druhov produkcií krmíva (napr. rasca či *Galega orientalis* Lam.), ako aj známej francúzskej metódy hodnotenia objemových krmovín (INRA 88).

Uvedená publikácia je zaujímavá nielen z obsahového hľadiska, nakoľko dáva prehľad o stave využívania sortimentu krmovín v podmienkach súčasného Poľska, ale zároveň reprezentuje dobrú spoluprácu univerzitných pracovísk (napr. AR Poznań) s COBOR (obdobu nášho ÚKSÚP) i vzájomnú kooperáciu pracovísk pratechnického zamerania našich susedov.

*Doc. Ing. Norbert Gáborčík, CSc.*

# EFFECT OF STAND DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION ON THE YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET SEED

## VLIV HUSTOTY POROSTU A HNOJENÍ DUSÍKEM NA VÝNOS A KVALITU OSIVA CUKROVKY

M. Pospíšil, Z. Mustapić

*University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Croatia*

**ABSTRACT:** Three-year field trials were set up on eutrically brown, anthropogenized soil, in north-west Croatia (Zagreb) with the aim of determining and quantifying differences in the yield and quality of sugar beet seed caused by interaction of plant density and nitrogen fertilization under the same conditions of seed production without replanting. Four plant densities of seed sugar beet were investigated after crop wintering (40 000, 80 000, 120 000 and 160 000 plants/ha) as well as three nitrogen rates (60, 120 and 180 kg/ha) applied in two identical topdressings: at the beginning of the spring growing period and close before shooting of inflorescence stalks. Seed yield increased significantly up to 80 000 plants/ha in 1991/92 and 1994/95 and to 120 000 plants/ha in 1993/94. Nitrogen rate of 120 kg/ha led to a significant increase of seed yield relative to 60 kg/ha. Nitrogen rate increased to 180 kg/ha resulted in further increase of seed yield, however not statistically significant. As regards to the seed size, participation of 4.5 to 5.5 mm seed was the highest (34.6%) in seed yield, followed by 3.5 to 4.5 mm seed (32.3%). Increase in the number of plants increased the participation of 3.5 to 4.5 mm fraction and decreased the participation of 4.5 to 5.5 mm fraction in seed yield. Higher nitrogen rates in topdressing reduced the participation of 3.5 to 4.5 mm fraction and showed a tendency to increasing the participation of 4.5 to 5.5 mm fraction in seed yield. Seed germination was less affected by the studied factors. Apart from certain regularities, seed yield and quality depended also on weather conditions, notably in the ripening period.

**Keywords:** sugar beet; seed propagation; plant density; nitrogen fertilizing; seed yield; seed quality

**ABSTRAKT:** V severozápadním Chorvatsku (Záhřeb) byly na eutrofní, antropogenní hnědozemi založeny tříleté pokusy s cílem určit a kvantifikovat rozdíl ve výnosu a kvalitě semene cukrové řepy, ke kterému dochází ve stejných podmínkách interakcí hustoty porostu a hnojení dusíkem při množení bez přesazování. Byly sledovány čtyři hustoty porostu po přezimování (40 000, 80 000, 120 000 a 160 000 rostlin/ha) a tři úrovně hnojení dusíkem (60, 120 a 180 kg/ha) ve dvou totožných přihnojeních: začátkem jarní vegetace a bezprostředně před vybíláním květního stonku. Výnos semene se významně zvyšoval do 80 000 rostlin/ha v letech 1991/92 a 1994/95 a do 120 000 rostlin/ha v ročníku 1993/94. Dávka dusíku 120 kg/ha značně zvýšila výnos semene oproti 60 kg/ha. Dalším zvýšením na 180 kg/ha výnos semene dále vzrůstal, rozdílly však byly statisticky neprůkazné. Největší podíl na výnosu semene měla frakce 4,5 až 5,5 mm (34,6 %) a následovala frakce 3,5 až 4,5 mm (32,3 %). Zvyšováním počtu rostlin se zvětšoval podíl frakce 3,5 až 4,5 mm a snižoval podíl frakce 4,5 až 5,5 mm. Zvýšení dávek dusíku vedlo k poklesu podílu frakce 3,5 až 4,5 mm a k růstu podílu frakce 4,5 až 5,5 mm. Klíčivost semen byla zkoumanými činiteli ovlivněna méně. Kromě sledovaných faktorů závisela výše výnosu a kvalita semen i na povětrnostních podmínkách, zejména v době zrání.

**Klíčová slova:** cukrovka; množení osiva; hustota porostu; dusíkaté hnojení; výnos semene; kvalita osiva

## INTRODUCTION

In the sugar beet production involving direct sowing, as practised in the Republic of Croatia, the set plant density is the result of sowing density, field germination and impact of low temperatures, which is unpredictable. Thinning is seldom applied and mostly not in the function of achieving a given density, which is mainly due to lack of experimental data. Researchers from North America (Campbell, 1968), England and Denmark (Scott, 1968; Longden, Scott, 1973; Longden,

1974) recommend very high plant densities, up to 300 000 plants/ha at harvest, for seed sugar beet in western Europe. Bornscheuer (1969) maintains that 250 000 to 300 000 plants/ha is a too dense population and that better results are achieved with 120 000 to 150 000 plants/ha. According to Trogisch (1985), the desirable plant density for European conditions is between 150 000 and 250 000 plants/ha at harvest. In the conditions of Vojvodina (Yugoslavia), the highest yield and quality of sugar beet seed were obtained in populations of 125 000 and 160 000 plants/ha after crops

wintering (Stefanović, 1987). In Croatia, in the region of east Slavonija Kristek, Matic (1984) based on the trial results, concluded that denser sowing should be applied (within-row spacing 6 to 8 cm, or 160 000 to 200 000 plants/ha at germination), with 65 000 to 80 000 plants/ha being sufficient for good seed yields. A survey of literature points to the conclusion that plant density of seed sugar beet, and thereby the optimal sowing pattern, largely depend on the agroecological conditions, soil and length of the growing period.

Nitrogen rates applied in topdressing of directly sown seed sugar beet, depending on the soil, range between 150 to 250 kg/ha (Longden, Johnson, 1977; Rastija, 1993). Some authors (Bornscheuer et al., 1993) determine nutrient rates for topdressing of seed sugar beet on the basis of soil analysis and mostly recommend topdressing with 100 to 120 kg N/ha.

Recognizing the fact that plant density and nitrogen fertilization constitute the central problem for achieving high yields of all field crops, our principal research goals were:

- to determine the number of seed sugar beet plants (female and male components) after wintering of a crop capable of achieving the highest yield of top quality seed
- to test different nitrogen rates in order to determine the nitrogen quantity optimal for topdressing of seed sugar beet
- to determine and quantify differences in the yield and quality of sugar beet seed caused by interaction of plant density and nitrogen fertilization under identical production conditions

## MATERIAL AND METHODS

Investigations were carried out through field trials set up on the experimental field of the Faculty of Agriculture, Zagreb, during 1991/92, 1993/94 and 1994/95. The trial involved four plant densities of seed sugar beet (mother and father components) after crop wintering (40 000, 80 000, 120 000 and 160 000 plants/ha) and three nitrogen rates (60, 120 and 180 kg/ha) applied in two topdressings. The first topdressing (with half of the foreseen N fertilizer quantity) was done at the beginning of the spring growing period and the second shortly prior to the shooting of inflorescence stalks. The two-factor trials were set up according to the split-plot method in five replications. Cultivar OS-Nada, its mother and father lines, were used as test crops. The basic plot size was 40 m<sup>2</sup> and consisted of six mother rows, two father rows and two unsown rows. Sugar beet was sown at a between-row spacing of 50 cm and within-row spacing of 11.4, 8.6, 7.1 and 5.7 cm. In spring, the impact of winter was assessed and density correction made according to the test treatments. Basic fertilization for seed sugar beet was carried out with 50 kg N/ha, 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha and 300 kg K<sub>2</sub>O/ha. Seed yield was estimated on mother rows and is shown as a yield of natural seed (yield under combine harvester

at 9 to 10% moisture) and then recalculated into yield of primarily processed seed (filled fruits of 3.5 to 5.5 mm fraction), as well as into seed yield in units with 90% germination (acceptable commercial quality). Seed yield in units also represents seed utilization. The data obtained were processed by the analysis of variance using computer programs Microsoft Excel 5.0 and Mstat.

Analyses of weather conditions during three growing seasons show considerable variation in precipitation distribution from year to year (Fig. 1). Particularly unfavourable precipitation distribution was recorded in 1991/92. Water balance after Thornthwaite's method indicates a balance between potential and actual evapotranspiration all the way to June, when water deficiency appeared in soil. Expressly favourable conditions for the growth and development of seed sugar beet prevailed throughout 1993/94. Precipitation distribution in 1994/95 was slightly less favourable for seed sugar beet. There was less precipitation accompanied by slightly higher temperatures in April, at the time when inflorescence shoots were formed, which speeded up the development of seed sugar beet. Rainfall was sufficient throughout the growing period, from May to July. Lower temperatures in May and June, along with sufficient humidity of this period, disturbed the balance between the growth and development of seed sugar beet, which was negatively reflected in seed quality. Soil water deficiency was recorded in July.

Soil of the experimental field Zagreb-Maksimir is eutrally brown, anthropogenized, on slightly luvic loam (Vidaček et al., 1994). Soil chemical properties are rather heterogeneous, depending on the plot where the trial was set up (Tab. I).

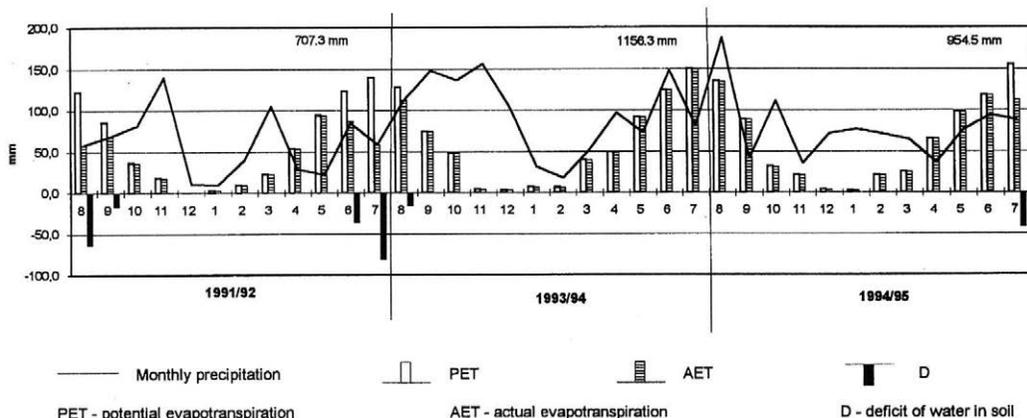
I. Chemical properties of the ploughlayer soil, depth 0 to 30 cm (Zagreb-Maksimir)

Year	pH		%		Al (mg/100 g soil)	
	H <sub>2</sub> O	1 M KCl	humus	total N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1991/92	7.7	7.2	2.2	0.14	35.7	17.5
1993/94	7.2	6.6	2.1	0.13	20.3	18.6
1994/95	5.3	4.7	2.1	0.12	10.1	12.6

## RESULTS AND DISCUSSION

Seed sugar beet response to plant density and nitrogen fertilization depended on the weather conditions prevailing during the growing period and on soil fertility.

The highest average yield of (natural) seed was achieved in 1993/94 (2410 kg/ha), slightly lower in 1991/92 (2143 kg/ha) and the lowest in 1994/95 (2006 kg/ha). Relatively low yields of seed sugar beet in 1994/95 should be partly considered in the constellation of weather features and actual soil fertility. Yield of (natural) seed rose significantly up to 80 000 plants/ha in 1991/92 and 1994/95 and to 120 000 plants/ha in 1993/94 (Tab. II). Nitrogen rate of 120 kg/ha in top-



I. Relevant components of balance of rainwater in soil (trial field Zagreb-Maksimir)

dressing caused a significant increase of seed yield by comparison with 60 kg/ha (279 kg/ha in the three-year average). Further nitrogen increase to 180 kg/ha led to a further rise in seed yield (94 kg/ha on average), however not statistically significant (except in 1994/95). An upward trend of seed yield following increased nitrogen rates in topdressing was noticeable in almost all plant densities, that is, there was no interaction between plant density and nitrogen fertilization in any of the trial years. Since seed utilization did not greatly depend on the studied factors, similar yield increase with increased plant density and nitrogen rate in spring topdressing, within the given limits, was also achieved in the case of primarily processed seed and seed yield in units (Tab. III).

Usable part of seed yield was highest in 1993/94 (average utilization 45.6%), then in 1991/92 (average utilization 37.8%), while it was much lower in 1994/95 (average utilization 31.3%). Poorer seed utilization in 1991/92 and 1994/95 was due to less filled fruits.

The survey of the research results relating to this problem achieved to date in this and in other countries, as well as production experience available to us, clearly show that there are quite contrary opinions about the plant density problem in seed sugar beet. This is mainly due to the diversity in weather conditions and the length of the growing period. In our conditions, another important factor is the plant water supply. At present no irrigation is applied in Croatia during flowering and ripening of fruits and in some years precipitation is not sufficient to supply the necessary moisture. Water deficiency is especially felt in the eastern part of our production area, in which seed sugar beet is predominantly produced. This is particularly marked in denser plant populations with very high total water consumption. This was the case of 1991/92. In the conditions of uninterrupted growing period throughout winter, even a smaller number of plants per unit area demonstrate increased yielding potential, which leads to equalization in seed yields (Kristek, Matić, 1984). Hlaváček (1978) and Montanari et al. (1982) investigated the effect of

II. Influence of plant density and nitrogen rate in spring topdressing on sugar beet natural seed yield (kg/ha)

Factors		Year		
		1991/92	1993/94	1994/95
Plant density (plants/ha)	40 000	2 025	2 181	1 838
	80 000	2 252	2 349	2 009
	120 000	2 064	2 598	2 071
	160 000	2 230	2 513	2 107
	LSD 5%	117	227	161
	1%	164	319	—
N rate in topdressing (kg/ha)	60	1 833	2 213	1 861
	120	2 275	2 464	2 004
	180	2 320	2 554	2 153
	LSD 5%	77	238	105
	1%	112	—	152

plant densities with a smaller number of plants (2, 3 and 4 plants per running meter). In such plant densities, highest yields were achieved with the largest number of plants. It is notable that high yields cannot be attained without a good plant density, which, according to our research, is at least 80 000 plants/ha. On the basis of our results as well as on those of the cited authors, it seems difficult to assume that in our agroecological conditions a plant density of more than 150 000 plants/ha at harvest could contribute to better yields and better yield structure in terms of seed size.

The analyzed results have shown that topdressing of seed sugar beet involving 120 kg N/ha brings about a statistically significant increase of seed yield. These results are in agreement with the research done by Zarišnjak, Šijan (1991), who also achieved the highest seed yield with topdressing of 120 kg N/ha. Based on soil analyses, almost the same nitrogen rate for topdressing was recommended by Bornscheuer et al. (1993). In research done by Longden, Johnson (1977), Montanari et al. (1982) and Rastija (1993), seed yield was not dependent on the nitrogen rate applied in topdressing.

III. Influence of plant density and nitrogen rate in spring topdressing on sugar beet monogerm seed yield marketable product

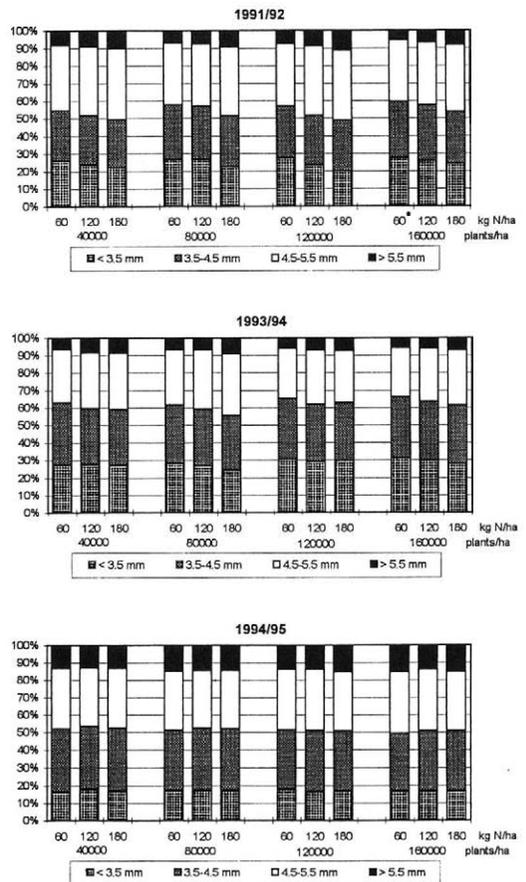
Factors		Primarily processed seed (kg/ha)			Units <sup>1</sup> /ha		
		1991/92	1993/94	1994/95	1991/92	1993/94	1994/95
Plant density (plants/ha)	40 000	767	999	565	540	662	445
	80 000	843	1 086	601	603	721	464
	120 000	778	1 147	665	552	765	523
	160 000	838	1 141	681	612	760	541
	<i>LSD</i> 5%	49	99	56	36	75	47
	1%	68	—	78	50	—	66
N rate in topdressing (kg/ha)	60	710	996	592	502	665	458
	120	872	1 117	612	627	740	488
	180	838	1 166	680	602	776	534
	<i>LSD</i> 5%	47	87	32	34	72	22
	1%	69	127	47	49	—	32

<sup>1</sup> 1 unit = 100 000 seeds

Participation of particular fractions in seed yield, depending on plant density and nitrogen fertilization, was different in each trial year (Fig. 2). The highest participation in seed yield was that of 4.5 to 5.5 mm fraction (34.6%), which was followed by 3.5 to 4.5 mm fraction (32.3%). Increased plant density resulted in a higher participation of 3.5 to 4.5 mm fraction and a decrease in 4.5 to 5.5 mm fraction. Higher nitrogen rates in topdressing reduced the participation of 3.5 to 4.5 mm fraction while 4.5 to 5.5 mm fraction showed an increasing tendency. Seed germination was less affected by the studied factors. Highest germination was recorded in 1993/94, which was weatherly more favourable for seed quality. In droughty 1991/92, nitrogen rate increase from 60 to 180 kg/ha showed a tendency to reducing germination due to higher participation of empty fruits. The number of plants per unit area and nitrogen rate in topdressing had no marked effect on the 1000 seed weight and percent of single-germ seeds.

Literature data point to the conclusion that differences in the ripening rate and germination of harvested seed may be expected only in very thin or too dense populations. Plant densities in our trial had uniformly spaced plants so that plant growth was relatively limited by mutual competition even in the thinnest population. On the other side, weather conditions during flowering, fructification and ripening restrict growth and favour ripening processes; so differences between plants, resulting from differences in the sowing pattern, do not come to expression.

Kristek, Matic (1984) recorded a positive effect of plant density on seed germination in the first two investigation years, when the thin population contained only 5200 to 8000 plants/ha. In the third year, however, seed germination did not depend on plant density though the number of plants most closely approached the set target. Similar results were obtained by Radišić (1977). According to this author, seed germination was not dependent on plant density. Also his trial involved equidistant pattern, with at least 50 000 plants/ha. In trials conducted



2. Participation of fractions in seed yield (%)

by Stefanović (1987), the sowing pattern had little effect on seed germination, except in the first harvesting.

Analysis of the research results points to the conclusion that nitrogen rates applied to seed sugar beet in the

trial do not cause a statistically significant increase in seed germination and percent of single-germ seeds. Such results are in agreement with those obtained by Montanari et al. (1982) and Rastija (1993). Different results were attained by Longden, Johnson (1977), according to which application of nitrogen fertilizers in May reduces laboratory germination by about 3%, while nitrogen topdressing in February and March has no effect on germination. Excessive nitrogen rates, particularly in combination with abundant precipitation, may retard ripening and reduce seed quality (Matić et al., 1983; Lejealle, 1986; Bornscheuer et al., 1993).

## CONCLUSIONS

Results of three-year investigations of the response of seed sugar beet to plant density and nitrogen fertilization allow the following conclusions:

Yield and quality of seed sugar beet, as well as the effect of plant density and nitrogen rate in topdressing, were most affected by the hydrothermal characteristics of the climate, especially during ripening, and the technological soil fertility.

In years with dry April, May and July, seed yields achieved on less fertile soils significantly increased with increasing the plant density to 80 000 plants/ha. In the year with abundant rainfall during spring and summer, seed yield achieved on more fertile soil significantly increased up to a population of 120 000 plants/ha.

On soil with good nitrogen availability in spring (> 5 mg N-min/100 g soil, at 0 to 60 cm depth), seed yield was increasing up to the application of 120 kg N/ha in topdressing. On less fertile soil (< 2 mg N-min/100 g soil, at 0 to 60 cm depth), seed yield was increasing with the application of as much as up to 180 kg N/ha, with a certain drop in quality, especially in droughty years.

Seed quality traits were slightly less affected by the studied factors than by the trial year. Better seed quality was achieved in the year with a warmer July, in which was less precipitation.

For high yields and good quality of seed sugar beet grown in the conditions prevailing in north-west Croatia, it is necessary to provide a plant density of 120 000 to 150 000 plants/ha at harvest, with two topdressings involving a total of 120 kg N/ha.

## REFERENCES

- Bornscheuer E. (1969): Saatgutfibel-Zuckerrübe. KWS Kleinwanzlebener Saat-zucht ag. 25.
- Bornscheuer E., Meyerholz K., Wunderlich K. H. (1993): Seed production and quality. In: The sugar beet crop: Science into practice. Cooke D. A., Scott R. K. (eds): London, Chapman Hall: 121-155.
- Campbell S. C. (1968): Sugar beet seed production in Oregon, USA. In: 31st Winter Congr. Int. Inst. Sugar Beet Res.: 165-174.
- Hlaváček J. (1978): Effect of stand spacing and ratio of components on yield and quality of seed of genetically monogerm diploid sugar beet. Rostl. Vyr., 24: 965-969 (in Czech).
- Kristek A., Matić, I. (1984): Utjecaj gustoće usjeva i termina žetve na prinos i kvalitet sjemena šećerne repe. Agron. Glasn., 46: 259-269.
- Lejealle F. (1986): Influence du mode de production et de la fertilisation azotée sur la qualité des semences. In: 49th Winter Congr. Int. Inst. Sugar Beet Res.: 101-120.
- Longden P. C. (1974): Harvesting sugar beet seed. J. Agric. Sci. Cambridge, 83: 435-442.
- Longden P. C., Johnson M. G. (1977): Effects of single or split applications of nitrogen fertilizer to *in situ* sugar-beet seed plants in the spring of their second years growth. J. Agric. Sci., 89: 609-620.
- Longden P. C., Scott R. K. (1973): Growing sugarbeet for seed in England. ADAS Qualr. Rev.
- Matić I., Durdević, Mara, Kristek, A. (1983): Osvrt na proizvodnju sjemena šećerne repe. Agron. Glas., 45: 575-586.
- Montanari M., Lovato A., Cazzola V. (1982): Influence of plant density, nitrogen fertilizer and topping on seed yields in sugar beet. Riv. Agron., 16: 111-116.
- Radišić V. (1977): Proučavanje problema u vezi sa proizvodnjom pojedinih kategorija sjemena šećerne repe. Vegetacioni prostor biljaka semenjače i vreme uspostavljanja istog kao faktori prinosa i kvaliteta sjemena kod tetraploidnog selekcionog materijala. God. Izv. Inst. Ratar. i Povrtar. Novi Sad.
- Rastija M. (1993): Prinos i kvaliteta sjemena šećerne repe u zavisnosti od gnojidbe i uvjeta proizvodnje. [Magistarski rad.] Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera. Poljopriv. Fak.
- Scott R. K. (1968): Sugar beet seed growing in Europe and North America. J. Int. Inst. Sugar Beet Res., 3: 53-84.
- Stefanović D. (1987): Prinos i poljoprivredna vrednost sjemena šećerne repe u zavisnosti od sklopa useva, roka žetve i desikacije. [Disertacija.] Univ. Novi Sad. Poljopriv. Fak.
- Trogisch C. (1985): Techniques of modern sugar beet seed multiplication. KWS Eigenverlag.
- Vidaček Ž., Sraka M., Husnjak S., Pospišil M. (1994): Liziometrijsko mjerenje otecanja vode iz tla u uvjetima agrokološke postaje Zagreb-Maksimir. Znanstveni skup Poljoprivrede i gospodarenje vodama, Bizovačke toplice, Priopćenja: 223-232.
- Zarišnjak A. S., Šijan P. N. (1991): Vlijanje udobrenij na intenzivnost rasta, postuplenie pitateljnijh vešestv, urožajnost i kačestvo semjan bezvisadočnjih semennikov saharnoj svekli. Agrohimiya, (5): 71-78.

Received on September 1, 1998

---

### Contact Address:

Dr. Milan Pospišil, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, 10 000 Zagreb, Croatia, tel.: +385 1 239 3701, fax: +385 1 239 3703, e-mail: apospisil@agr.hr

## K životnímu jubileu akademika Karla Kudrny

V letošním roce se v plném zdraví a svěžesti dožívá 75 let akademik Karel Kudrna, jeden z našich největších současných vědců.

Prof. Ing. Karel Kudrna, DrSc., se narodil 13. května 1924 v Sudoměřicích u Bechyně. Jeho otec byl kolář a drobný zemědělec. Svému synovi šel příkladem, co se týká preciznosti v práci a čestného jednání. Vedle schopnosti tvrdě pracovat rozvinul jubilant v sobě ještě jeden výrazný rys, a sice touhu po poznání. A tak už od mládí byli jeho životním vzorem někteří významní vědci. Ne-tradičním způsobem vystudoval reálné gymnázium v Táboře, na němž se zčásti připravoval individuálně a pouze skládal zkoušky, což je na střední škole zcela mimořádný a velmi náročný způsob studia.

Ve vědecké práci spatřoval velký prostor pro realizaci svých osobních ambicí. V době, kdy se rozhodoval studovat vysokou školu, mu na oboru příliš nezáleželo. Nakonec místo původně zamýšlené matematiky zvolil zemědělství.

Na fakultě zemědělského a lesního inženýrství ČVUT si pedagogové všimli jeho pracovitosti a mimořádného zájmu a nadání pro vědu a přijali ho mezi sebe. Po skončení studia zůstal na fakultě u A. Klečky a V. Vrbenského jako asistent. A. Klečka ho pak při svém odchodu do ČSAZ jmenoval svým nástupcem na místě vedoucího katedry základní agrotechniky a agrometeorologie.

Ve vědecké kariéře postupoval velmi rychle a na Agronomické fakultě Vysoké školy zemědělské působil po jejím založení pět let jako proděkan a později ve funkci děkana, v roce 1960 byl pak jmenován rektorem. Jeho úkolem v této funkci bylo mimo jiné řídit výstavbu školy. Od roku 1974 mu přibýlo ještě neméně náročné vedení ČSAZ. Vychoval řadu inženýrů, kandidátů a doktorů věd. Jeho práce byla již dříve oceněna

Národní cenou a Zlatou plakétou ČSAV „Za zásluhy o vědu a lidstvo“.

Těžiště jeho vědecké práce spočívá ve vypracování teorie zemědělských soustav. Příčinným jubilanta jsme v zemědělství, co se týká oblasti systémového přístupu, stále první na světě. Máme definovanou zemědělskou soustavu, která je vyjádřena agregátovým schématem, dokážeme pomocí parametrů popsat její vnitřní skladbu i vztah k vnějšmu prostředí, analyzovat její vývoj a navrhnout a optimalizovat její strukturu v různých přírodních podmínkách, tak aby těmto podmínkám odpovídala. Máme metodu, jak řešit teritoriální strukturu zemědělsko-lesních soustav, aby byl omezen povrchový odtok a zabráněno erozi, přestože je to záležitost technicky a finančně náročná.

Celoživotní práce akademika Kudrny je nedocenitelným příspěvkem k poznání zákonitostí naší Země v oblasti geofyziky, např. příčin zemětřesení a způsobů jeho šíření na Zemi nebo atmosférických poruch, tedy principu, kterým se řídí množství srážek na Zemi a jejich časové a plošné rozdělení. Takové základní poznání je ovšem výsledkem nejenom systémového přístupu a vědeckého talentu, ale také mnohaleté usilovné práce.

Publikoval kolem 150 původních vědeckých prací a k nim se řadí ca 700 prací odborných. K nejvýznamnějším a nejobsáhlejšími publikacím patří vysokoškolská učebnice *Zemědělské soustavy* (1979) a její doplněné vydání (1985), *Využití melioračních soustav* (1970, 1987) a *Biosféra a lidstvo* (1988), kterou pod jeho vedením vytvořil rozsáhlý autorský kolektiv.

Systémový přístup, nezbytný k vyřešení základních společenských a existenčních problémů, a práce jubilanta na hranicích možností spolu s jeho mimořádným nadáním daly vzniknout jedinečnému dílu, které za svůj život akademik Kudrna vytvořil.

*Ing. Marie Šindelářová, CSc.*

# PHYSICAL CONTROL OF COLORADO POTATO BEETLE IN COMPARISON WITH BIOINSECTICIDE

## NECHEMICKÁ OCHRANA PROTI MANDELINCE BRAMBOROVÉ V POROVNÁNÍ S BIOINSEKTIKIDEM

M. Hodík<sup>1</sup>, M. N. Rifai<sup>2</sup>, V. Táborský<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic

<sup>2</sup>Agricultural College, Nova Scotia, Canada

**ABSTRACT:** Three different methods of controlling Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in potatoes and their combinations were compared under field conditions: 1) bioinsecticide *Bacillus thuringiensis* as M-Track, 2) Bio-collector, 3) combination of propane flamer followed by bioinsecticide, 4) combination of propane flamer and Bio-collector, 5) combination of Bio-collector and bioinsecticide, 6) combination of bioinsecticide and Bio-collector, 7) no treatment. Results confirmed good effect of biological treatment. The Bio-collector did not perform well under these conditions. Its removal efficacy was considerably higher against large larvae. The average Bio-collector removal rate was 34% of adults and 29.3% of large larvae but only 9.4% of small larvae. The average flamer removal rate was 37.5% of adults and 33.4% of small larvae. Concerning the overall control efficacy, besides pure biological treatment, the best combination seemed to be the flame treatment followed by the bioinsecticide. This research has been conducted for organic crop production.

**Keywords:** Bio-collector; propane flamer; biological control; Colorado potato beetle; potatoes

**ABSTRAKT:** Tři nechemické metody ochrany proti mandelince bramborové *Leptinotarsa decemlineata* (Say) a jejich kombinace byly ověřovány v polních podmínkách: 1) bioinsekticid na bázi *Bacillus thuringiensis* pod obchodním názvem M-Track, 2) pneumatický sběrač hmyzu Bio-collector, 3) kombinace propanový plamen a následně bioinsekticid, 4) kombinace propanový plamen a Bio-collector, 5) kombinace Bio-collector a bioinsekticid, 6) kombinace bioinsekticid a Bio-collector, 7) neošetřená kontrola. Biologické ošetření bylo použito jako srovnávací metoda. Výsledky potvrdily dobrou účinnost bioinsekticidu. V pokusech byla zjištěna lepší sběrací schopnost sběrače hmyzu pro velké larvy (L3, L4) než pro malé larvy (L1, L2). Průměrně sběrač po jedné pasáži z porostu odstraní 34 % dospělců, 29,3 % velkých, ale pouze 9,4 % malých larev. Plamenomet průměrně jedním ošetřením odstraní 37,5 % dospělců a 33,4 % malých larev. Z celkového hodnocení efektu ošetření za vegetaci byla nejlepší (kromě použití samotného bioinsekticidu) kombinace ošetření plamenem s následným ošetřením bioinsekticidem. Výzkum byl realizován pro ekologické způsoby zemědělské výroby.

**Klíčová slova:** pneumatický sběrač hmyzu; propanový plamenomet; biologická ochrana; mandelinka bramborová; brambory

### INTRODUCTION

The Colorado potato beetle (CPB) *Leptinotarsa decemlineata* (Say) was first reported as a pest in the Midwest of the USA around 1860 and by 1874 it reached the eastern coast. Since 1922 the species has definitely reached Europe. Before then all findings were destroyed. It appeared on several locations of southern France and from there it has rapidly spread all over the old continent, except for the British Isles where strict quarantine had been in effect.

Because of the CPB's capability to cause total defoliation of potato plants, it is necessary to spend enormous amounts every year to control the pest. For example in USA, growers spend an estimated 150 million USD annually only to control the CPB (Schroder, 1991).

Traditional chemical synthetic pesticides are highly effective but, unfortunately, after a certain time pests are able to develop resistance. As a result of the developed resistance, it is necessary to search continuously for new effective substances. This is a very expensive process. Furthermore, there is considerably increasing contamination of the environment and risk of residues in agricultural produce.

In an effort to curtail this vicious circle of pesticide resistance, many alternative methods of pest control have been developed. Among those for controlling the CPB are: 1. utilization of entomopathogenic fungi, particularly *Beauveria bassiana* (Dirlbeková et al., 1991); 2. utilization of predators, such as the parasitic bug *Perrillus bioculatus* (Cloutier, Bauduin, 1995) or parasitoids such as *Edovum puttleri* (Schroder, Athanas, 1989);

3. utilization of microbiological insecticide *Bacillus thuringiensis* (Vaňková, 1990); 4. plastic-lining trenching device (Misener et al., 1993); 5. heat in the form of flame (Pelletier et al., 1995) or in the form of steam or steam-air mixture (Misener et al., 1996); 6. pneumatic insect collecting device (Lacasse et al., 1994), 7. Bt-transgenic potatoes (Apaia et al., 1997).

The aim of this study was to evaluate the potential of the flaming device and pneumatic insect collecting device the Bio-collector for controlling the CPB in potatoes, as well as comparing it with the efficacy of biopesticide *Bacillus thuringiensis* sprays.

### Biological treatment

*Bacillus thuringiensis* is clearly one of the most important nonchemical means for controlling many insect pests. Due to its known effectiveness (Cantwell, Cantelo, 1984) it was chosen as a control method. M-Track used in the trials contains 15 mg/l of  $\delta$ -endotoxin encapsulated in cell walls of *Pseudomonas fluorescens*. This technology is called CellCap<sup>TM</sup> Delivery System (Glasgow, Larsen, 1991).

### Pneumatic treatment

Vacuum insect collectors were originally used for monitoring of insect pests in crops (Kogan, Henry, 1980). In the 1980s these vacuums were modified to create bug vacuums that could remove insect pests from crops. Further improvements resulted in machines that are now used extensively in California and elsewhere to remove pests from strawberry, lettuce and carrot fields (Boiteau et al., 1992).

The machines are generally based on two principles of dislodging pests: 1. vacuuming (negative air pressure – e.g. the Beetle Eater); 2. blowing the air (positive air pressure – e.g. the Bio-collector). According to Lacasse et al. (1994) vacuuming is not as convenient as blowing the air in the plants. In particular, blown air can be better directed and concentrated than air displaced under negative air pressure. Blown air may thus be able to penetrate more dense potato plants at velocities sufficient to dislodge and transport CPBs to a catching device. Less power is also required under these conditions.

The Beetle Eater was developed in Massachusetts and is now manufactured in Canada. The machine blows two ascending airstreams on each side of the rows and vacuums the top of the plants to collect the dislodged insects. Boiteau et al. (1992) evaluated this particular machine in a NorthEastern North American potato production system. For CPB he obtained average removal rate of 48% for adults, 42% for small larvae and 27% for large larvae.

In the tests we used the Bio-collector, which was manufactured by Fritz Engelhard, Biolandtechnik, Hofen, Germany.

The Bio-collector consists of several removable units mounted by a girder on a 3-pt. hitch on the front of the

tractor, hydraulic ducting, and an oil aggregate mounted at the rear of the tractor. Each unit has a hydraulic motor that drives a radial fan producing an air stream. The oil supply for the motors is directed from the oil aggregate.

The units are carried in between rows of potato plants. Each unit blows a horizontal airstream across the row in order to dislodge and collect the insects into floating trays of another unit on the other side of the row. The other unit blows an opposite and offset airstream across the same row. The working height is controlled by two castor wheels.

### Flame treatment

Flame treatment is usually known to be used in weed control (Rifai et al., 1996). However, its utilization in pest control has been also reported (Hansen, Simpson, 1969).

Flaming as a means of controlling of the CPB has been investigated only in the past few years (Bernard, 1994; Rifai et al., 1997). Treatment with propane flamer shows the best results when targeted against the overwintering adults of CPB, when the plants are < 20 cm high. In this situation propane flamer caused 90% mortality of CPB adults and reduced egg hatch by 27%, lowering the number of the first generation larvae (Moyer et al., 1992).

The effectiveness of thermal inactivation of CPB was reported by Pelletier et al. (1995). It was demonstrated that the legs of the adult CPB can be damaged by exposing the insects for a short period of time (0.2 to 0.4 s) in warm water. Muscles of the legs are inactivated and also antennae are damaged. This damage is permanent and the resulting starvation and infection of the dead tissue then cause mortality.

The flaming unit Reinert-DA 211 manufactured by Agratechnik-Gerätebau, Wiedenbach-Triesdorf, Germany was used in the tests.

The device consists of 6 burners 250 mm wide each, and two propane gas tanks, each having a capacity of 11 kg. It is equipped with a preheating unit to prevent the liquid gas tank from icing and to raise the evaporation rate, with an integrated temperature monitoring device and a safety cut-off valve (cutting off at 35 °C). The working position of the burners is manually adjustable and the working height is controlled by three castor wheels (Rifai et al., 1997).

## MATERIAL AND METHODS

### Trials

The 1996 and 1997 trials were carried out on a private organic farm in Bramber, Nova Scotia, Canada. The place is located approximately 70 km north of Halifax, on the coast and thus under the permanent influence of winds coming from the ocean. The average temperature is approximately +5.5 °C and the precipitation approximately 1200 mm per year.

The trial design included four replicates of seven and six treatments, resp.:

1996: NT, B, M, FB, FM, MB, BM  
 1997: NT, B, M, FB, FM, MB

- NT – no treatment
- B – biological treatment as the bioinsecticide M-Track (*Bacillus thuringiensis* var. San Diego)
- M – pneumatic treatment (Bio-collector)
- FB – one flame treatment followed by needed number of the bio-treatments
- FM – one flame treatment followed by needed number of the pneumatic treatments
- MB – one pneumatic treatment followed by needed number of the bio-treatments
- BM – one bio-treatment followed by needed number of the pneumatic treatments

All treatments were carried out as many times as needed according to the CPB infestation and development. Only the pneumatic treatment was applied weekly during the second season.

The Bio-collector was operated at maximum air velocity and travelled at 4 km/h (2.5 mph).

The flaming device was travelled at 9.6 km/h (6 mph). The angles of the nozzles were 45° from the horizontal and 45° from the row centre line.

In the season 1996, Yukon Gold mid-season maturing variety was planted on 29 May and 14 June. In the season 1997, Jemseg early maturing variety was planted on 6 May. All planting was done by hand. The short season for Jemseg variety was the reason for elimination of the BM treatment from 1997 trials. The bioinsecticide was sufficient for controlling the CPBs of the first generation, while the second one came after the harvest.

No chemicals were applied in the trial fields, except for copper sulphate (CuSO<sub>4</sub>) to prevent the late blight (*Phytophthora infestans*) infection.

### Sampling and evaluation

The CPB in four stages of development – egg masses, small larvae (first and second instar), large larvae (third and fourth instar) and adults were counted on whole potato plants. Samples for comparing of average yield were also taken.

Counts on a certain number (either 5 or 10) of adjacent plants were carried out at either 4 or 2 locations within each plot, resulting thus in 20 examined plants per plot.

### 1996 season

The counts were carried out:

1. Weekly to estimate the population density in all plots. This served for comparing the development of the pest populations according to different types of treatment and the overall control efficacy.
2. Within one day before the treatment and within a certain period, which was necessary to express the control

efficacy of the used treatment. The periods were as follows: 1 day for pneumatic treatment, 3 days for flame treatment, and 5 days for biological treatment. These counts served for an investigation of the direct control efficacy of the treatment that was actually employed.

During the same day 20 non-adjacent, randomly selected plants in each plot were visually evaluated for the value of defoliation. This was expressed as defoliation index of 5 grades (0 = no defoliation; 1 = approximately 10%; 2 = approximately 20%; 3 = 30 to 35%; 4 = 40 to 50%; 5 = more than 75% of leaf canopy lost).

### 1997 season

Numbers of CPBs were investigated as indicated above. The counts were carried out only weekly in all plots. Due to the very low number of colonizing CPB beetles in the trial field, we had to establish the population at the beginning of the season. The same number of overwintering CPB adults was released in each plot. The defoliation index used in 1996 season was replaced with more accurate estimate of defoliation percentage on certain leaves. Before the harvest 2 x 10 leaves from each plot were removed from the field. Afterwards, each leaf was compared with the photocopied sample leaves that had been previously measured for the percentage of defoliation by electronic planimeter.

## RESULTS

### 1996 season

Counts made on all plots reflected the influence of different combinations of treatments on the CPB's population. Due to low numbers of colonizing adults no significant differences between treatments were found. Not so in both groups of larvae.

As expected, the best efficacy against small larvae performed the biopesticide (Tab. I). The first samplings show that the effectiveness of the Bio-collector against small larvae was very low. Even the flame treatment did not seem to work well. Yet the numbers of small

I. Average number of small larvae per plant (1996)

Treatment	Young plants		Old plants	
	1st sampling	2nd sampling	1st sampling	2nd sampling
B	0.03 a	0.23 a	0.03 a	0.13 a
M	2.93 bc	1.43 a	0.83 ab	0.53 a
BM	0.06 a	0.76 a	0.00 a	0.46 a
MB	3.86 c	1.70 a	1.56 b	0.03 a
FM	1.26 abc	1.00 a	1.46 b	0.26 a
FB	0.93 ab	0.06 a	1.50 b	–
NT	2.50 abc	0.86 a	0.83 ab	0.13 a

Explanations to Tabs I to VII: Values followed by the same letter in a column are not significantly different ( $\alpha \leq 0.05$ ) according to Sheffe's Multiple Range Test

larvae in flamed plots of the younger plants were significantly lower than in plots treated with the Bio-collector.

Good control efficacy of the biopesticide against small larvae resulted in low numbers of large larvae. Worse results indicated the combinations with the Bio-collector as the first treatment – worse control efficacy against small larvae resulted in higher numbers of large larvae (Tab. II).

The defoliation index reflected most accurately the overall control efficacy of different treatment combinations. The plots treated at the beginning with the biopesticide (B and BM) and with flame (FB and FM) showed low values of the index at the first sampling. Nevertheless, only those that were treated with the biopesticide remained little damaged (B, BM and FB). The combinations with the Bio-collector as the first treatment indicated either stable higher values of the index or its considerable increase from the first sampling to the second one (M and MB). In fact, these combinations were not significantly different from the untreated control (Tab. III). The Bio-collector did not manage to control the pest at the time of its major impact. It would probably require more passages with the machine at the time of colonizing the field with the overwintering adults and especially at the time of emerging of the first generation larvae.

Counts carried out before and after each treatment showed direct control efficacy of each type of treatment. The biopesticide was most successful against adults, although not significantly different from other treatments.

#### II. Average number of large larvae per plant (1996)

Treatment	Young plants		Old plants	
	1st sampling	2nd sampling	1st sampling	2nd sampling
B	0.16 a	0.23 a	0.06 a	0.03 a
M	1.30 ab	1.86 b	0.83 ab	0.93 a
BM	0.10 a	0.23 a	0.03 a	0.03 a
MB	1.26 ab	2.46 b	0.46 a	1.06 a
FM	1.40 ab	1.10 ab	1.10 ab	0.30 a
FB	0.46 a	0.16 a	2.06 b	–
NT	2.40 b	0.96 ab	2.40 b	0.30 a

#### III. Average defoliation index (1996)

Treatment	Young plants		Old plants	
	1st sampling	2nd sampling	1st sampling	2nd sampling
B	0.90 a	0.93 a	0.60 a	0.63 a
M	2.03 b	2.56 b	1.10 a	2.23 b
BM	0.60 a	0.56 a	1.00 a	0.66 a
MB	1.86 b	2.36 b	2.06 b	2.43 b
FM	2.53 b	2.33 b	0.93 b	2.03 b
FB	1.03 a	0.93 a	1.33 ab	–
NT	2.20 b	2.46 b	2.03 b	2.56 b

The high control efficacy could be explained by a repellent effect of the spray. The flamer and the Bio-collector removed 37.5 and 34% of adults, resp. (Tab. IV).

The Bio-collector did not manage to remove much of the small larvae (only about 9%), but it removed on average almost 30% of the large larvae.

The flame treatment managed average control efficacy of about 33% against small larvae. The control effect of the flame treatment against egg masses was not found significant.

#### 1997 season

Counts on all plots were made during season only. No significant differences in adult beetles and egg masses between treatments were found. In small larvae the observed numbers showed good effects of treatments with the biopesticide (B, MB and FB) and worse effects of treatments with the Bio-collector and no biopesticide (M and FM) (Tab. V).

In large larvae we can clearly see the influence of the biopesticide. It did not allow the small instars of larvae to develop into the large larvae. All plots treated with the biopesticide indicated very low numbers of large larvae (Tab. VI). In other plots (regularly treated with Bio-collector) the numbers of both small and large larvae were similar or even (for some reason) higher than in untreated plots.

Investigation of the leaf canopy loss showed the same results as those obtained by other means. Treatments that included the biopesticide indicated a significantly lower loss of leaf canopy than treatments that included regular passages with the Bio-collector (Tab. VII).

In neither 1997 season, nor the previous season any significant differences between treatments in average yield were detected.

#### IV. Average control efficacy of treatment types (1996)

Treatment	Category		
	B (%)	L1 (%)	L2 (%)
F	37.5 a	33.4 ab	–
M	34 a	9.4 a	29.3 a
B	59.5 a	56 b	64.9 b

#### V. Average number of small larvae per plant (1997)

Treatment	Date of sampling			
	10. 7.	14. 7.	17. 7.	21. 7.
B	0.96 a	0.86 ab	1.54 bc	0.27 a
M	1.63 a	2.39 bc	2.48 c	3.20 b
FB	0.92 a	0.39 a	0.99 ab	0.06 a
FM	4.97 b	7.17 d	4.79 d	3.13 b
MB	0.88 a	0.08 a	0.03 a	0.02 a
NT	2.29 a	3.06 c	1.75 bc	2.95 b

## VI. Average number of large larvae per plant (1997)

Treatment	Date of sampling			
	10. 7.*	14. 7.	17. 7.	21. 7.
B	–	0.00 a	0.05 a	0.04 a
M	–	0.62 b	0.87 b	3.00 c
FB	–	0.00 a	0.07 a	0.00 a
FM	–	0.67 b	2.15 c	4.70 d
MB	–	0.00 a	0.00 a	0.00 a
NT	–	0.37 ab	0.87 b	1.22 b

\* no large larvae were developed yet

## DISCUSSION

The numbers of the CPBs were too low in both years and thus the treatments could not perform as significantly as expected. However, it is clearly seen that the pneumatic treatment does not reach the quality of control as the biopesticide. As we found out, it is more effective against the large larvae. Its efficacy is higher when used regularly weekly or even shorter period. However, while more frequent passages could result in better efficacy, the soil compaction would increase rapidly (Rifai et al., 1997).

The flame treatment did not seem to influence the overall control efficacy of any treatment combination considerably. The main effect seemed to have the subsequent treatment. We recommend, therefore, to consider the flame treatment as an additional control method in the general pest management. It seems to be most effective when combined with the biopesticide sprays (treatment FB). If the number of colonizing CPB is not high, the flame treatment applied at the beginning of the season can save one spray and thus, reduce the costs. In case the number of colonizing CPB is high, then the flame treatment can considerably weaken the population and thus, improve the efficacy of the following sprays.

## CONCLUSION

It is possible that neither the pneumatic, nor the flame control of CPB will ever reach the level of the effectiveness that is required in conventional agriculture. The greatest advantage of these two methods is, however, the cost of the treatment which is much lower compared with the biopesticides or other pesticide sprays. Unfortunately, this advantage is outweighed by the recently high price of the equipment, which is due to its low production.

Most probably we can expect these methods to find their place in organic agriculture. However, the use of bio-treatment will be much wider, and will probably gradually replace other means. In particular, great expansion can be expected in the use of genetically modified

## VII. Percentage of leaf canopy eaten (1997)

Treatment	3rd leaf from the top	2nd leaf from the ground
	17. 7.	18. 7.
B	0.52 a	1.40 a
M	1.98 ab	3.48 ab
FB	0.83 a	0.83 a
FM	2.85 b	7.88 b
MB	0.63 a	1.75 a
NT	1.13 ab	4.18 ab

Diameters: small up to 48 mm; middle 48 to 70 mm; large over 70 mm

plants with genes for biopesticide-toxins, proliferation of which is so regulated that it allows production of the toxin only in case the pest starts feeding on the plant or of other special stimulation.

Funded by Canada, Nova Scotia, Agreement on the Agricultural Component of the Green Plan.

## REFERENCES

- Apai S., Gould F., Kennedy J. (1997): Potential impact of *Coleomegilla maculata* on adaptation of *Leptinotarsa decemlineata* to Bt-transgenic potatoes. Entomol. Exp. Appl., 82: 91–100.
- Bernard G. (1994): Evaluation and demonstration of propane flammers for the control of overwintering Colorado potato beetles on potatoes in 1993. Int. NSAC Pap.: 46–62.
- Boiteau G., Misener G. C., Singh R. P., Bernard G. (1992): Evaluation of a vacuum collector for insect pest control in potato. Amer. Pot. J., 69: 157–166.
- Cantwell G. E., Cantelo W. W. (1984): Control of the Colorado potato beetle with *Bacillus thuringiensis* variety *thuringiensis*. Amer. Pot. J., 61: 451–459.
- Cloutier C., Bauduin F. (1995): Biological control of potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Quebec by augmentative releases of two-spotted stinkbug *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae). Can. Ent., 127: 195–212.
- Dírlbéková O. et al. (1991): Biologické zdroje pro nechemickou ochranu rostlin (*Deuteromycetes*, *Beauveria bassiana* [Bals.] Vuill.). Stud. VTR ÚVTIZ, Rostl. Výr.
- Glasgow G. M., Larsen T. (1991): M-One (*Bacillus thuringiensis* var. San Diego) and MYX-1806 for control of Colorado potato beetle. Proc. 38th Ann. Meet. Can. Pest Mgmt Soc. Fredericton, N.B.: 55–63.
- Hansen R., Simpson R. G. (1969): Agricultural flaming for insect and weed control in Colorado. Colorado St. Univ. Exp. Stat. Ford Collins Bull. 538S.
- Kogan M., Henry N. P. (1980): General sampling methods for above-ground populations of soybean arthropods. In: Kogan M., Herzog D. C.: Sampling methods in soybean entomology. New York, Springer-Verlag.
- Lacasse B., Laguë C., Roy P. M., Khelifi M. (1994): Technical feasibility of pneumatic control on Colorado potato

- beetle. Amer. Soc. Agric. Engng. ASAE Meet. Present. Pap. No. 94-8510.
- Misener G. C., Boiteau G., McMillan L. P. (1993): A plastic-lining trenching device for control of Colorado potato beetle: Beetle Excluder. Amer. Pot. J., 70: 403-408.
- Misener G. C., Pelletier Y., McMillan L. P. (1996): Steam as an alternative control method for the management of Colorado potato beetles. Agric. Agri-Fd Can. Res. Cent. Fredericton.
- Moyer D. D., Desken R. C., McLeod M. J. (1992): Development of a propane flamer for Colorado potato beetle control. Amer. Pot. J., 69: 599-600.
- Pelletier Y., McLeod C. D., Bernard G. (1995): Description of sublethal injuries caused to the Colorado potato beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) by propane flamer treatment. J. Econ. Ent., 88: 1203-1205.
- Rifai M. N., Žikla T., Mojžiš M. (1996): Flame and mechanical cultivation for weed control. Zeměd. Techn., 42: 109-113.
- Rifai M. N., Táborský V., Hodík M. (1997): Evaluation of pneumatic bio-collector and thermal propane flamer for the control of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]). Zeměd. Techn., 43: 153-157.
- Schroder R. F. W. (1991): An integrated pest management approach to Colorado potato beetle control in the USA. Bull. OEPP/EPPO, 21: 9-10.
- Schroder R. F. W., Athanas M. M. (1989): Potential for biological control of *Leptinotarsa decemlineata* (*Col.: Chrysomelidae*) by the egg parasite, *Edovium putleri* (*Hym.: Eulophidae*) in Maryland, 1984. Entomophaga, 34: 135-141.
- Vaňková J. (1990): *Bacillus thuringiensis* – bakteriální insekticid. Studie ČSAV. Praha, Academia.

Received on November 2, 1998

---

Contact Address:

Prof. Ing. Vladimír Táborský, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 25 94, fax: 02/24 38 25 35

---

# ZMĚNY OBSAHU EXTRAHOVATELNÉHO ORGANICKÉHO DUSÍKU A DUSÍKU MIKROBIÁLNÍ BIOMASY VE STACIONÁRNÍM POKUSE S KUKUŘICÍ

## THE CHANGES OF EXTRACTABLE ORGANIC NITROGEN AND NITROGEN OF MICROBIAL BIOMASS AT THE LONG-TERM EXPERIMENT WITH MAIZE

J. Balík, J. Černý, P. Tlustoš, V. Vaněk

*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The effect of different rates and forms of N fertilizers on the yield of maize, N content in plant biomass, and N uptake of above-ground biomass was investigated in the long-term experiment with maize monoculture. Five treatments, unfertilized, two with mineral fertilizers (ammonium sulphate – SA, and urea ammonium nitrate solution – DAM), DAM + straw, and manure were set up in this experiment. Fertilizers were applied at annual rate  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , and mean annual rate in manure was  $187 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The longer duration of experiment, the lower biomass yield was found at unfertilized treatment. In the period of 1991 to 1995 was an average yield  $12.02 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  of dry matter maize biomass, and in the period of 1996 to 1998 it was only  $10.09 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . In the period 1996 to 1998 the yield difference was 23% between zero and SA treatments, 26% between zero and DAM, and 34% between zero and DAM + straw treatments. The highest yield increment 52% was found at manured treatment. The experiment showed the tendency to lower N content of plants at unfertilized treatment compare to fertilized ones. Trend of lower yield at the second period was also confirmed by lower N uptake. The annual mean uptake in 1991 to 1995 period was  $130.8 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  and in 1996 to 1998 was  $93.5 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The N uptake was higher by 54% at SA treatment, by 51% at DAM, by 68% at DAM + straw, and by 104% at manure treatment. Simple balance of N inputs and outputs over eight years showed the positive result of  $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  only at manured treatment. The highest negative balance  $-935 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  was determined at unfertilized treatment,  $-282 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  was difference at SA,  $-256 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  at DAM, and  $-227 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  at DAM + straw treatments. The amount of soil mineral N ( $N_{\text{min}}$ ), soluble organic N ( $N_{\text{org}}$ ), and N of soil biomass ( $N_{\text{bio}}$ ) at five treatments was analysed too. Correlation coefficients between all N fractions and N uptake by plants were determined. Highest values were found with the sum of mineral plus organic N ( $N_{\text{e}}$ ) and similar with  $N_{\text{min}}$ . Relationship between organic N, microbial N and N uptake was weak. The addition of organic matter in the soil showed a higher  $N_{\text{org}}$  and  $N_{\text{bio}}$  content compare to other treatments. Results of extractable organic N cannot be used for the forecast of N fertilizers application so far.

**Keywords:** long-term experiment; maize; nitrogen fertilizers; transformation of soil N

**ABSTRAKT:** V dlouhodobých stacionárních pokusech (1991 až 1998) s opakovaným pěstováním kukuřice byl sledován vliv různé intenzity a různé formy dusíkatého hnojení na výnos sušiny rostlin, obsah N v rostlinách a odběr N nadzemní biomasou rostlin. Během pokusů byla zřetelná tendence ke snížení výnosů na kontrolní variantě a ke snížení koncentrace N v rostlinách. V počáteční pokusné periodě (1. až 5. rok) byl průměrný roční odběr N rostlinami kukuřice  $131 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , v následujícím období (6. až 8. rok) však pouze  $94 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dále byla stanovena bilance vstupů a výstupů N na stanovišti za období osmi let trvání pokusů. Změny dusíkatého režimu půdy byly charakterizovány obsahem minerálního N (výluh  $0,01 \text{ M CaCl}_2$ ), extrahovatelného organického N (výluh  $0,01 \text{ M CaCl}_2$ ) a N mikrobiální biomasy v půdě. Byly vypočteny hodnoty koeficientu korelace mezi jednotlivými dusíkatými frakcemi půdy a odběrem N rostlinami. Nejvyšších hodnot koeficientu korelace bylo dosaženo u součtu  $N_{\text{min}} + N_{\text{org}}$  a dále u  $N_{\text{min}}$ . Naproti tomu v případě  $N_{\text{org}}$  a  $N_{\text{bio}}$  byla nalezena malá souvislost s odběrem N rostlinami.

**Klíčová slova:** stacionární pokus; kukuřice; hnojení dusíkem; transformace N v půdě

### ÚVOD

Stanovení obsahu minerálního N v půdě výrazně přispělo ke zpřesnění hnojení N. Je zřejmé, že k další optimalizaci hnojení N je potřebné určit množství N, které

se uvolní z organických vazeb v půdě. V řadě výzkumných aktivit je snaha využít jako kritérium potenciál N v extrahovatelných organických sloučeninách (Kohl, 1989; Wodsak, Werner, 1991). Přestože je u této problematiky uváděn okruh nevyřešených otázek (Gutser et

al., 1990; Hege et al., 1990; Olf, 1992), je již realizována na základě těchto informací řada hnojařských doporučení pro zemědělskou praxi (EUF metoda u cukrovky). Přitom existuje stále snaha nahradit EUF metodu výluhem 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (Houba et al., 1986). Kromě toho jsou hledány další možnosti a metody k charakteristice transformačních procesů N v půdě. Určitou perspektivu ukazuje stanovení N mikrobiální biomasy (Brookes et al., 1985a, b; Müller, 1992).

V naší výzkumné činnosti jsme se zaměřili na stanovení obsahu minerálního N ( $N_{\min}$ ) v půdě, obsahu extrahovatelného organického N ( $N_{\text{org}}$ ) a N mikrobiální biomasy ( $N_{\text{bio}}$ ). Cílem práce bylo zjistit, jak se změnila tyto frakce půdního N ve stacionárních pokusech s opakovaným pěstováním kukuřice a jaký vliv měly různá intenzita a formy dusíkatého hnojení.

## MATERIÁL A METODA

Stacionární pokusy s opakovaným pěstováním silážní kukuřice byly založeny v roce 1990 na pokusné stanici Agronomické fakulty ČZU Praha v Červeném Újezdě (nadmořská výška 405 m). Stanoviště patří do řepařské výrobní oblasti. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,6 °C, průměrný roční úhrn srážek 549 mm. Průměrná teplota za vegetační období (IV. až IX. měsíc) je 13,9 °C, průměrný vegetační úhrn srážek 361 mm. Genetickým půdním představitelem je luvizem. Hloubka ornice je 35 cm, podorniční horizont do 70 cm. Matečným substrátem je spraš (80 až 120 cm). Na začátku pokusů odpovídala zásoba přijatelného P v ornici kategorii vysoká zásoba, K dobrá zásoba, Mg vysoká zásoba (Mehlich II) a pH/KCl bylo 6,6.

V letech 1991 až 1993 byl pěstován hybrid CE 240, 1994 a 1995 Dea, 1996 a 1997 Romana, 1998 Torea. Šířka řádků činila 70 cm. V době sklizně byla průměrná hustota porostu 95 000 jedinců na 1 ha. Velikost pokusné parcely byla 170 m<sup>2</sup> a sklizňové parcely 25 m<sup>2</sup>. Každá varianta byla čtyřikrát opakována. Předplodinou pro kukuřici byla jarní pšenice. Poslední organické hnojení před založením pokusů bylo realizováno v roce 1988. V tomto sdělení uvádíme výsledky pouze pěti variant,

kteří se lišily intenzitou a formou dusíkatého hnojení (tab. I). Dávka hnoje činila 40 t.ha<sup>-1</sup>, dávka slámy ozi- mě pšenice 5 t.ha<sup>-1</sup>. Sláma byla aplikována celkem čtyřikrát, hnůj pětkrát v průběhu osmi let pokusu. Kvalita hnoje (hnůj skotu + drůbeží hnůj) se v jednotlivých letech lišila, zejména obsahem N. Minerálními dusíkatými hnojivy bylo hnojeno každoročně. V průběhu pokusů nebylo použito vápnění ani hnojení P, K a Mg.

Obsahy jednotlivých frakcí N byly stanoveny z čerstvé země. Obsah minerálního N ( $N_{\min}$ ) a extrahovatelného organického dusíku ( $N_{\text{org}}$ ) byl stanoven ve výluhu 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (10 g zeminy, 100 ml extrakčního činidla). Po 2 h třepání byly půdní výluhy odstředěny a vlastní stanovení  $N_{\min}$  a  $N_{\text{org}}$  bylo provedeno kolorimetricky na přístroji SKALAR<sup>plus</sup> (fy Skalar, Holandsko).

Obsah N mikrobiální biomasy ( $N_{\text{bio}}$ ) byl stanoven při dvojnásobném laboratorním opakování. Navážka důkladně zhomogenizované vlhké země činila 30 g. U všech vzorků byla provedena nejprve preextrakce v 0,05 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ve výluhu byl stanoven obsah  $N_{\min}$ . Pro stanovení  $N_{\text{bio}}$  byla polovina vzorků následně vy-luhována 0,5 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Druhá polovina vzorků byla fumigována 24 h v exsíkátoru v prostředí chloroformu. Po fumigaci byly vzorky extrahovány 0,5 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> stejně jako vzorky chloroformem neošetřené. Po centrifugaci byl ve výluhu stanoven obsah N. Při použití koeficientu  $k_{EN} = 0,54$  byl vypočten obsah  $N_{\text{bio}}$  (Müller, 1992).

Celkový N v rostlinách byl stanoven po rozkladu na mokré cestě koncentrovanou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> s přidávkem směšného katalyzátoru při 420 °C, na přístroji KJELTEC AUTO 1030 ANALYZER (fy Tecator, Švédsko).

Pro statistické vyhodnocení byl použit program Statgraphics, verze 4.0., metoda podle Tukeye. U korelační analýzy je uváděn koeficient korelace ( $r$ ).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Jsou uvedeny výsledky za celé období trvání pokusů, tj. za roky 1990 až 1998. S cílem dokumentovat tendence a změny v průběhu pokusů jsou zhodnocena samo-

I. Schéma pokusu – Trial scheme

Číslo <sup>1</sup> varianty <sup>2</sup>	Varianta	kg N.ha <sup>-1</sup> (za rok v minerálních hnojivech <sup>3</sup> )	kg N.ha <sup>-1</sup> (za období <sup>4</sup> 1990–1998)	Termín aplikace <sup>5</sup>
1	K	–	–	–
2	SA	120	960	XI.
3	DAM	120	960	IV.
4	DAM + sl	120	1 029	sl X. DAM IV.
5	H	–	1 495	X.

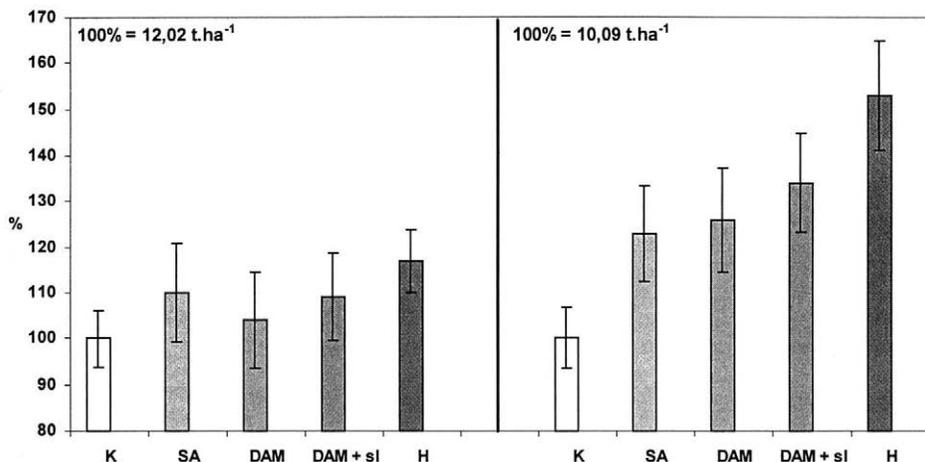
K = kontrola – control

SA = síran amonný – ammonium sulphate

sl = sláma – straw

H = chlévský hnůj – manure

<sup>1</sup>No., <sup>2</sup>variant, <sup>3</sup>per year in fertilizers, <sup>4</sup>for period, <sup>5</sup>date of application



1. Relativní výnos sušiny – Relative dry matter yield

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

osa x: varianty hnojení – x axis: fertilizing variants

K = kontrola – control

SA = síran amonný – ammonium sulphate

sl = sláma – straw

H = chlévský hnůj – manure

I – směrodatná odchylka – standard deviation

statně období 1991 až 1995 a období 1996 až 1998. Byla zvolena grafická forma vyjádření a změny jsou uváděny v relativních hodnotách ve vztahu ke kontrole (100 %). Variabilita dosažených výsledků je kvantifikována pomocí směrodatné odchylky. Vyšší hodnoty směrodatné odchylky jsou ovlivněny především meziročníkovou variabilitou, která byla zřejmě způsobena změnami v pěstovaném hybridu a především povětrnostními podmínkami daného roku. Na pokusné bázi Agronomické fakulty ČZU v Červeném Újezdě jsou nerovnoměrně rozděleny srážky, zejména v období květen až červen, což vede ke značnému kolísání výnosů.

Změny výnosu v průběhu pokusů znázorňuje obr. 1 a statistické hodnocení jednotlivých pokusných let

II. Výnos sušiny (t.ha<sup>-1</sup>) – Dry matter yield (t.ha<sup>-1</sup>)

Číslo varianty <sup>1</sup>	Varianta	t.ha <sup>-1</sup>			
		1996	1997	1998	$\bar{x}$
1	K	7,62	12,47	10,19	10,09
2	SA	11,57	14,65	10,88	12,37
3	DAM	11,67	15,08	11,53	12,76
4	DAM + sl	12,3	16,49	11,82	13,54
5	H	14,6	18,57	13,04	15,40
F		12,29	14,27	16 15	
d <sub>min</sub>		3,17	2,62	1,16	

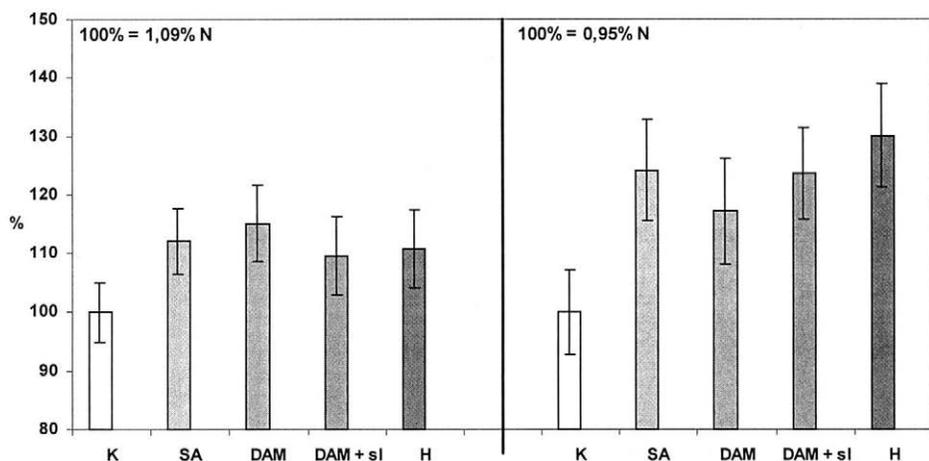
For 1, 2 see Tab. I

1996 až 1998 je uvedeno v tab. II. Během pokusů byla zřetelná tendence ke snížení výnosů na kontrolní variantě. V období 1991 až 1995 byl průměrný výnos sušiny na této variantě 12,02 t.ha<sup>-1</sup> a v období 1996 až 1998 10,09 t.ha<sup>-1</sup>, což představuje snížení o 16,1 %.

Z výsledků počátečních pěti let pokusů vyplývá, že nejvyšší nárůst výnosu o 17 % byl u varianty hnůj. Po aplikaci síranu amonného (SA) se zvýšil výnos sušiny o 10 %, u hnojiva DAM pouze o 4 %. Při kombinaci DAM + sláma bylo stanoveno zvýšení o 9 %. Zde je nutno zdůraznit, že sláma byla v tomto období aplikována pouze dvakrát (v roce 1992 a v roce 1993). Podrobné hodnocení jednotlivých pokusných let za období 1991 až 1994 uveřejnili Balík et al. (1995a, b).

V období 1996 až 1998 se ještě zvýraznil rozdíl mezi nehnojenou a hnojenými variantami. U varianty SA činil rozdíl 23 %, u varianty DAM 26 %, u varianty DAM + sláma 34 %. U všech těchto tří variant šlo o statisticky významný rozdíl proti kontrole. Nejvyšší pozitivní efekt o 52 % jsme opět zaznamenali u varianty hnůj.

Při porovnání sledovaných období v absolutních hodnotách nejsou rozdíly mezi stejnými variantami tak významné. V případě varianty SA bylo zaznamenáno snížení výnosu sušiny o 0,85 t.ha<sup>-1</sup>. U varianty DAM jsou téměř stejné průměrné výnosy (1991 až 1995 12,50 t.ha<sup>-1</sup>, 1996 až 1998 12,76 t.ha<sup>-1</sup>). Aplikace slámy ozimé pšenice na podzim roku 1995 a na podzim roku 1997 (varianta 4) se projevila výnosově pozitivně.



2. Relativní obsah N v rostlinách kukuřice při sklizni – Relative N content in maize plants during harvest

Ve srovnání s variantou DAM jsme u této varianty zjistili zvýšení o  $0,78 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nejvyšší výnosový rozdíl byl opět stanoven u varianty hnůj a ve srovnání s předchozí periodou činil  $1,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Sklizeň rostlin proběhla při obsahu sušiny 30 až 34 %. Nebyly stanoveny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami v obsahu sušiny. Přitom však měla kontrolní varianta vždy nejvyšší obsah sušiny. Hnojené varianty se vzájemně téměř nelišily. V relativním vyjádření činil obsah sušiny u hnojených variant přibližně 97 až 98,5 % úrovně kontrolní varianty.

Obsah N v rostlinách kukuřice při sklizni je dokumentován na obr. 2 a v tab. III. V období 1991 až 1995 jsme na kontrolní variantě zjistili koncentraci 1,09 % N a v období 1996 až 1998 0,95 % N. S ohledem na skutečnost, že se koncentrace N na variantě 1 významně snížila a u hnojených variant zůstala přibližně na stejné úrovni, zvýraznily se relativní rozdíly mezi těmito variantami. U varianty SA činil rozdíl 24 %, u varianty DAM 17 %, u varianty DAM + sláma 22 % a u varianty hnůj 30 %.

Důležitou informaci představuje odběr N nadzemní biomasou rostlin (obr. 3, tab. IV). V této položce se současně promítají jak výnosové změny, tak změny v koncentraci N v rostlinách. Zatímco v období 1991 až 1995 činilo průměrně odebrané množství N na kontrolní variantě  $130,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , v následujícím období byla vypočtena hodnota o 29 % nižší, tj.  $93,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Oba činitele se na tomto poklesu podílely téměř rovnoměrně. Pokles výnosu byl 16,1 % a snížení koncentrace N v rostlinách 12,9 %. Především proto jsou v období 1996 až 1998 výrazné difference v odběru N mezi nehnojenou variantou a hnojenými variantami. U varianty SA činil nárůst 54 %, u varianty DAM 51 %, u varianty DAM + sláma 68 % a u varianty hnůj 104 %. Přitom v absolutních hodnotách se u hnojených variant obě sle-

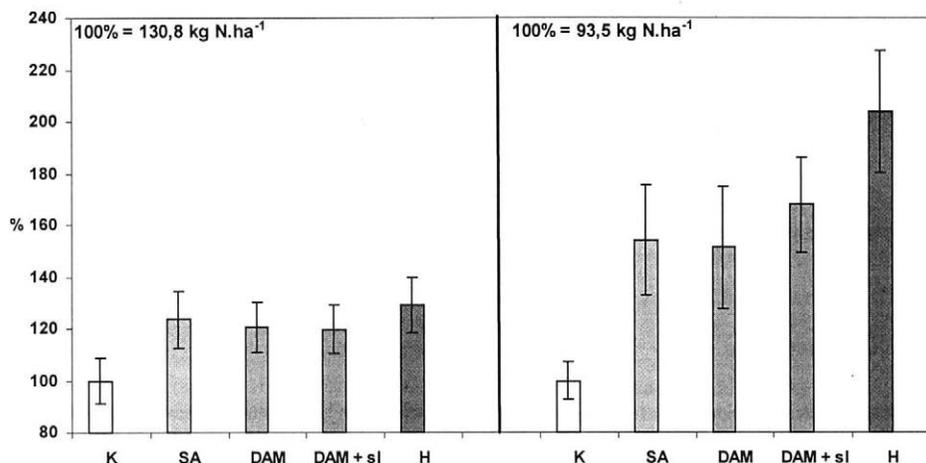
III. Obsah N v rostlinách (%) – N content in plants (%)

Číslo varianty <sup>1</sup>	Varianta	%			
		1996	1997	1998	$\bar{x}$
1	K	1,08	0,82	0,95	0,95
2	SA	1,40	1,06	1,08	1,18
3	DAM	1,19	1,09	1,06	1,11
4	DAM + sl	1,30	1,09	1,12	1,17
5	H	1,53	1,10	1,09	1,24
F		6,72	17,00	6,74	
$d_{\min}$		0,29	0,13	0,11	

For 1, 2 see Tab. I

dované periody významněji nelišily. U varianty SA byl v období 1996 až 1998 průměrný odběr N nižší o  $18 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , u varianty DAM o  $16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . U varianty DAM + sláma byl průměrný odběr N za obě sledované periody téměř stejný a tvořil  $157 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Vysoká intenzita dlouhodobého organického hnojení (varianta 5) se promítla ve zvýšeném odběru N. U varianty hnůj byl v období 1996 až 1998 odběr dusíku o  $21 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  vyšší než v předchozím cyklu.

V tab. V je uvedena bilance vstupů a výstupů N na stanovišti v Červeném Újezdě za období osmi let pokusů. Do položky vstupy je započítán pouze N ve hnojivech, není zde kalkulováno s N z atmosféry (suchá a mokrá depozice, ani N z biologické fixace). Do položky výstupy jsme zahrnuli pouze odběr N nadzemní biomasou rostlin. Jak vyplývá z výsledků, byla bilance kladná pouze u varianty hnůj, a to o  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na kontrolní variantě činil deficit N za celé pokusné období  $935 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . U varianty SA bylo dodáno o  $282 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  méně, u varianty DAM o  $256 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a u varianty DAM + sláma o  $227 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , než činil odběr rostlinami.



3. Relativní odběr N rostlinami kukuřice – Relative N uptake by maize plants

IV. Odběr N rostlinami (kg.ha<sup>-1</sup>) – N uptake by plants (kg.ha<sup>-1</sup>)

Číslo <sup>1</sup> varianty <sup>2</sup>	Varianta	kg N.ha <sup>-1</sup>			
		1996	1997	1998	$\bar{x}$
1	K	81,44	102,06	97,07	93,52
2	SA	160,41	155,08	116,99	144,16
3	DAM	139,00	164,24	121,61	141,62
4	DAM + sl	160,48	179,49	131,06	157,01
5	H	224,39	204,51	141,9	190,27
<i>F</i>		17,99	19,70	19,65	
<i>d</i> <sub>min</sub>		52,83	37,34	16,54	

For 1, 2 see Tab. I

VI. Obsah N (mg.kg<sup>-1</sup>) v ornici v době sklizně 1997 – N content (mg.kg<sup>-1</sup>) in topsoil during the harvest 1997

Číslo <sup>1</sup> varianty <sup>2</sup>	Varianta	mg N.kg <sup>-1</sup>			
		<i>N</i> <sub>min</sub>	<i>N</i> <sub>org</sub>	<i>N</i> <sub>s</sub>	<i>N</i> <sub>bio</sub>
1	K	6,52	2,32	8,84	12,10
2	SA	9,41	1,66	11,07	11,69
3	DAM	11,34	2,13	13,47	10,04
4	DAM + sl	11,03	3,19	14,22	13,21
5	H	12,32	2,68	15,00	16,65
<i>F</i>		2,95	0,99	3,15	2,52
<i>d</i> <sub>min</sub>		n.s.	n.s.	6,51	n.s.

For 1, 2 see Tab. I

V tab. VI a VII jsou uvedeny sledované parametry půdního N při sklizni kukuřice v roce 1997 a 1998 a v tab. VIII během vegetace (při výšce porostu 30 až 40 cm). Z uvedených výsledků je zřejmé, že obsahy

V. Balance N (kg.ha<sup>-1</sup>) na stanovišti Červený Újezd za období 1991 až 1998 – N balance (kg.ha<sup>-1</sup>) at the site Červený Újezd for the period 1991 to 1998

Číslo <sup>1</sup> varianty <sup>2</sup>	Varianta	kg N.ha <sup>-1</sup>		
		vstupy <sup>3</sup>	výstupy <sup>4</sup>	rozdíl <sup>5</sup> (vstupy – výstupy)
1	K	–	935	–935
2	SA	960	1 242	–282
3	DAM	960	1 216	–256
4	DAM + sl	960 + 69	1 256	–227
5	H	1 492	1 412	+80

For 1, 2 see Tab. I, <sup>3</sup>inputs, <sup>4</sup>outputs, <sup>5</sup>differenceVII. Obsah N (mg.kg<sup>-1</sup>) v ornici v době sklizně 1998 – N content (mg.kg<sup>-1</sup>) in topsoil during the harvest 1998

Číslo <sup>1</sup> varianty <sup>2</sup>	Varianta	mg N.kg <sup>-1</sup>			
		<i>N</i> <sub>min</sub>	<i>N</i> <sub>org</sub>	<i>N</i> <sub>s</sub>	<i>N</i> <sub>bio</sub>
1	K	6,00	1,69	7,69	10,77
2	SA	9,10	1,39	10,49	7,78
3	DAM	8,39	1,83	10,21	8,68
4	DAM + sl	9,37	2,28	12,01	10,54
5	H	10,31	2,47	12,78	18,39
<i>F</i>		1,83	2,79	2,572	10,83
<i>d</i> <sub>min</sub>		n.s.	n.s.	n.s.	5,57

For 1, 2 see Tab. I

*N*<sub>min</sub> v ornici jsou v tomto termínu velmi nízké, což je také plně v souladu s intenzitou hnojení a odběrem N rostlinami. Na kontrole bylo v průměru osmi let dodáváno každoročně N o 117 kg.ha<sup>-1</sup> méně, než činil odběr

VIII. Obsah N ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) v ornici při velikosti porostu 20 až 30 cm (20. 6. 1997) – N content ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) in topsoil at the site of the stand 20 to 30 cm (20 June 1997)

Číslo <sup>1</sup> varianty <sup>2</sup>	Varianta	$\text{mg N kg}^{-1}$			
		$N_{\min}$	$N_{\text{org}}$	$N_s$	$N_{\text{bio}}$
1	K	10,35	2,51	12,86	13,05
2	SA	14,49	2,71	17,20	12,81
3	DAM	28,51	0,55	29,06	13,21
4	DAM + sl	29,73	3,52	33,25	15,37
5	H	23,62	3,14	26,76	14,97
$F$		4,14	1,08	4,35	0,43
$d_{\min}$		18,44	n.s.	17,80	n.s.

For 1, 2 see Tab. I

N rostlinami, na variantě SA o  $35 \text{ kg ha}^{-1}$ , na variantě DAM o  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  a na variantě DAM + sláma o  $28 \text{ kg ha}^{-1}$ . Vzhledem k tomu, že obsah  $\text{NH}_4^+$  byl v době sklizně převážně nižší než  $1 \text{ mg N kg}^{-1}$ , je zde uváděna pouze suma  $N_{\min}$ . Z těchto analýz je dále patrné, že se významněji neliší rok 1997 a rok 1998, což také odpovídá dlouhodobému charakteru pokusů. Obsahy  $N_{\min}$  na úrovni 5 až  $7 \text{ mg kg}^{-1}$  představují reziduální zbytek a v době sklizně pravděpodobně neklesne zásoba  $N_{\min}$  v ornici pod tuto hranici. S touto hodnotou je zřejmě také možno kalkulovat v rozvahách při tvorbě kritérií a hnojařských doporučení založených na bázi obsahu  $N_{\min}$  v půdě. S výjimkou varianty hnůj nejsou téměř rozdíly v koncentracích  $N_{\min}$  mezi jednotlivými hnojenými variantami. Varianta 5 vykazuje stabilně nejvyšší obsahy. Z analýz  $N_{\min}$  v průběhu vegetace je zřejmé, že v této fázi jsou stanovené hodnoty přibližně 1,5- až 3krát vyšší než v době sklizně (tab. VIII). Přitom nejvyšší difference mezi analýzami při sklizni a za vegetace jsou u kontrolní varianty, což také poukazuje na významné snížení mobilizovatelného potenciálu půdního N (mineralizovatelný N + fixovaný  $\text{NH}_4^+$ ).

Analytické možnosti pracoviště nám dále umožnily sledovat obsah  $N_{\text{org}}$  ve výluhu  $0,01 \text{ M CaCl}_2$ . Je zřejmé, že obsahy  $N_{\text{org}}$  jsou ve všech sledovaných termínech velmi malé, na úrovni 1 až  $3 \text{ mg kg}^{-1}$ . Z výsledků je také patrná určitá tendence ke snížení této frakce u variant hnojených pouze průmyslovými hnojivy (varianty 2 a 3). U varianty SA a DAM lze proto uvažovat o zvýšené tendenci k mineralizačním procesům v půdě. Naopak na variantách s organickým hnojením (sláma a hnůj) jsme zjistili zvýšený obsah  $N_{\text{org}}$ , což je také plně v souladu s předpokladem a úrovní hnojení v pokusech. S ohledem na velmi nízké hodnoty  $N_{\text{org}}$  je proto velice důležité precizní analytické provedení a také příprava půdního vzorku před vlastní analýzou. Je zajímavé, že se zřetelněji neliší hodnoty stanovené na konci a v průběhu vegetace. V tomto sdělení prezentujeme také součet  $N_{\min}$  a  $N_{\text{org}}$  jako  $N_s$ , neboť byl kvantifikován vztah těchto frakcí k výnosu a odběru N nadzemní biomasou rostlin. Je zřejmé, že se významněji neliší hodnoty  $N_{\min}$  a  $N_s$ , což je způsobeno dominantním postavením obsahu  $N_{\min}$ .

IX. Vztah mezi odběrem N rostlinami kukuřice a obsahem N v ornici (koeficient korelace  $r$ ) – Relationship between N uptake by maize plants and N content in topsoil (correlation coefficient  $r$ )

Rok <sup>1</sup>	N v ornici <sup>2</sup>	$N_{\min}$	$N_{\text{org}}$	$N_s$	$N_{\text{bio}}$
		soubor variant pokusu <sup>5</sup>			
1998	sklizeň <sup>3</sup> 1998	0,55	0,43	0,62	0,41
1997	sklizeň 1997	0,60	0,27	0,64	0,17
	červen <sup>4</sup> 1997	0,56	0,11	0,60	0,38
soubor variant 1 a 5 <sup>6</sup>					
1998	sklizeň 1998	0,79*	0,82*	0,81*	0,62
1997	sklizeň 1997	0,77*	0,20	0,78*	0,62
	červen 1997	0,76*	0,18	0,78*	0,37

<sup>1</sup>year, <sup>2</sup>N in topsoil, <sup>3</sup>harvest, <sup>4</sup>June, <sup>5</sup>set of trial variants, <sup>6</sup>set of variants 1 and 5

Stanovení  $N_{\text{bio}}$  je na našem pracovišti realizováno ve spolupráci s univerzitou v Bonnu. V těchto pokusech byl obsah  $N_{\text{bio}}$  v závislosti na variantě a termínu odběru v intervalu 7,8 až  $18,4 \text{ mg kg}^{-1}$ . Přitom u kontrolní varianty je ve srovnání s variantami hnojenými minerálními hnojivy určitá tendence ke zvýšení této frakce. Více jsou tyto rozdíly patrné při sklizni. V souladu s našimi předchozími pokusy se zeminami z pokusného stanoviště v Suchdole byly nejvyšší hodnoty  $N_{\text{bio}}$  u varianty hnůj (Černý et al., 1998). Dále je zřejmé, že se zřetelněji neliší výsledky rozborů provedených v průběhu vegetace od obsahů při sklizni, což také odpovídá závěrům z literatury (Müller, 1992).

Význam těchto dusíkatých frakcí je hodnocen především ve vztahu k rostlině, tj. k příjmu N rostlinami. Nejjednodušším vyjádřením příjmu N rostlinami je odběr N nebo výnos sušiny. Obdobně jako Olf (1992) a další autoři, také v našich pokusech jsme zjistili těsnější závislost u odběru N než u výnosu biomasy. Proto uvádíme pouze hodnoty koeficientu korelace mezi jednotlivými dusíkatými frakcemi a odběrem N (tab. IX). Přitom jsou zde prezentovány údaje získané z celého pokusného souboru a dále ze souboru variant 1 a 5. Je zřejmé, že při výpočtu pro všechny varianty nebyly získány statisticky významné vztahy. Hlavní příčinou byly malé rozdíly mezi variantami 2, 3, 4, které se z hlediska celkové dusíkaté bilance téměř nelišily. Dalším důvodem je skutečnost, že byly využity rozborů půd ze sklizně. Je známo, že v podzimním období je nižší intenzita transformačních procesů v půdě. Podstatně vyšší rozdíly mezi hnojenými variantami jsou nalézány při jarních odběrech. Proto při hodnocení celého souboru, kdy byly malé difference v obsazích N ve sledovaných frakcích, vzrostl význam přirozené variability pozemku. Při redukováném souboru a výpočtech ze skupiny dvou extrémních variant (1 a 5) byly nalezeny převážně statisticky průkazné vztahy.

Jak vyplývá z tab. IX, bylo dosaženo nejvyšších hodnot koeficientu korelace u  $N_s$  a jim se blíží těsnost vztahu u  $N_{\min}$ . Naproti tomu v případě  $N_{\text{org}}$  a  $N_{\text{bio}}$  byla nalezena malá souvislost s odběrem N rostlinami. Obdobně nízké hodnoty koeficientu korelace mezi  $N_{\text{org}}$

a odběrem N zjistili v rozsáhlém souboru 23 pokusů s kukuřicí Hege et al. (1990). Dosažené výsledky také odpovídají našim předchozím pracím s ozimou řepkou (Balík, Vaněk, 1995), ve kterých byl vždy nalezen těsnější vztah mezi odběrem N rostlinami a  $N_{\min}$  než  $N_{\text{org}}$ . Malá vzájemná závislost  $N_{\text{org}}$  a příjmu N rostlinami, ověřená také v těchto pokusech, potvrzuje závěry, ke kterým dospěli Wodsak, Werner (1991), že prozatím nelze využít hodnot  $N_{\text{org}}$  pro praktickou korekci hnojařských zásahů. Tuto skutečnost ještě více podporují výsledky, ke kterým dospěli Appel, Mengel (1998), že frakce  $N_{\text{org}}$  (EUF metoda i extrakce 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ ) obsahují pouze část lehce mineralizovatelného N, ale zároveň obsahují také podíl dusíkatých frakcí, které nejsou mikroorganismy schopné rozložit. V naší práci byla nalezena také nízká závislost mezi odběrem N kukuřicí a  $N_{\text{bio}}$ . Zde jde o poměrně novou výzkumnou aktivitu, která není ověřena dostatečným počtem pokusů. Údaj o obsahu  $N_{\text{bio}}$  je určitou charakteristikou půdního N, ale bez dalšího doplnění neinformuje o tom, zda v půdě budou probíhat imobilizační nebo mineralizační procesy.

Výzkum je financován z grantu ČZU Praha č. 1023798.

## LITERATURA

Appel T., Mengel K. (1998): Prediction of mineralizable nitrogen in soils on the basis of an analysis of extractable organic N. *Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkd.*, 4: 433–452.

Balík J., Vaněk V. (1995): Obsah  $N_{\text{org}}$  v ornici (výluh 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ ) pod porostem ozimé řepky. In: Sbor. Racionální použití průmyslových hnojiv, Praha, ČZU: 56–61.

Balík J., Přibyl A., Procházka J., Tlustoš P. (1995): Vliv hnojení na výnos a odběr dusíku při opakovaném pěstování silážní kukuřice. *Rostl. Vyr.*, 41: 345–350.

Balík J., Vaněk V., Pavlíková D., Přibyl A. (1995): Změny obsahu dusíku a uhlíku v půdě při opakovaném pěstování silážní kukuřice a různém dusíkatém hnojení. *Rostl. Vyr.*, 41: 427–432.

Brookes P. C., Kragt J. F., Powelson D. S., Jenkinson D. S. (1985a): Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: the effects of fumigation time and temperature. *Soil. Biol. Biochem.*, 17: 831–835.

Brookes P. C., Landman A., Pruden G., Jenkinson D. S. (1985b): Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil. Biol. Biochem.*, 17: 837–842.

Černý J., Balík J., Tlustoš P., Pavlíková D., Yang-Yuen P. (1998): Stanovení dusíku mikrobiální biomasy. In: Sbor. Racionální použití průmyslových hnojiv, Praha, ČZU: 117–121.

Gutser R., Vilsmeier K., Teicher K., Beck Th. (1990): Aussagekraft des  $N_{\text{org}}$ -Stickstoffdüngung für die N-Nachlieferung von Böden. *VDLUFA-Schriftenreihe*, 30: 187–194.

Hege U., Süß A., Maier S. (1990): Optimierung der N-Düngung ohne und mit Berücksichtigung des  $N_{\text{org}}$ -Stickstoffs. *VDLUFA-Schriftenreihe*, 32: 249–255.

Houba V. J. G., Novozamsky I., Huybregts A. W. M., Lee J. J. van der (1986): Comparison of soil extractions by 0.01 M  $\text{CaCl}_2$ , by EUF and by some conventional extraction procedures. *Pl. and Soil*, 96: 433–437.

Kohl A. (1989): Zur Bedeutung des leichtmobilisierbaren Bodenstickstoffs bei der Prognose des N-Düngerbedarfs von Zuckerrüben unter besonderer Berücksichtigung der mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF) erfassbaren  $N_{\text{org}}$ -Fraktion. [Dizertace.] Univ. Bonn. 260 s.

Müller T. (1992): Zeitgang der mikrobiellen Biomasse in der Ackerkrume einer mitteleuropäischen Löß-Parabraunerde. [Dizertace.] Univ. Göttingen. 137 s.

Olf H. W. (1992): Charakterisierung des N-Umsatzes im Boden durch mikrobiologische und chemische Parameter und Bedeutung dieser Kenngrößen für die Ableitung von N-Düngerbedarfsprognosen. [Dizertace.] Univ. Bonn. 166 s.

Wodsak H. P., Werner W. (1991): Eignung organischer N-Fraktion zur Kennzeichnung des N-Nachlieferungspotentials von Böden. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesell.*, 66: 1051–1054.

Došlo 21. 1. 1999

## Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Jan Balík, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/24 38 27 32, fax: 02/20 92 03 12

## ROOT DEMOGRAPHICS AND THEIR EFFICIENCIES IN SUSTAINABLE AGRICULTURE, GRASSLANDS AND FOREST ECOSYSTEMS

DEMOGRAFIA A EFEKTÍVNOSŤ KOREŇOVEJ SÚSTAVY  
V UDRŽATEĽNÝCH POĽNOHOSPODÁRSKYCH LÚČNYCH  
A LESNÝCH EKOSYSTÉMOCH

**E. James, Jr.**

*Proc. 5th Symp. ISRR, Clemson, S. Caroline, USA, July 14–18, 1996*  
*Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 82, Dordrecht, Boston, London, Kluwer*  
*Acad. Publ. 1998. 793 pp., 128 Tabs., 229 Figs.*

Univerzita v Clemsone (Južná Karolína, USA) sa v roku 1996 stala miestom stretnutia vedeckých a výskumných pracovníkov zaoberajúcich sa koreňovým systémom rastlín a ekosystémov. V poradí už piate medzinárodné sympóziu ISRR (International Society of Root Research) nasledovalo po dvoch stretnutiach vo Viedni, Švédsku a Alma-Ate. Účastníci, medzi ktorými boli aj sponzorovaní vedci z krajín bývalého ZSSR a východnej Európy, mali už v čase konferencie k dispozícii zborník súhrnov jednotlivých príspevkov. Po uplynutí dvoch rokov vychádza obsiahly zborník (celkom 68 príspevkov z 24 krajín) v rozsahu cca 800 strán, ktorý bol vydaný knižne (Kluwer 1998), a niektoré príspevky boli uverejnené aj v časopise *Plant and Soil*, 203, 1998. Súbor príspevkov je rozdelený do šiestich oblastí:

- Vplyv globálnych zmien na alokáciu uhlíka
- Obhospodarované a neobhospodarované ekosystémy
- Udržateľné ekosystémy
- Kvalita podzemnej vody
- Genetika, fyziológia a molekulárna biológia
- Porovnávacie metódy merania dynamiky vývinu koreňov

Publikovaný zborník je bezpochyby zdrojom posledných informácií skoro zo všetkých oblastí štúdia koreňového systému na viacerých štruktúrnych úrovniach. Publikáciu uvítajú zaiste nielen špecialisti-koreniari, ale aj vedeckovýskumní pracovníci, venujúci sa štúdiu fotosyntetického aparátu, ktorého činnosť je nemysliteľná bez koreňovej sústavy.

*Doc. Ing. Norbert Gáborčík, CSc.*

# FYTOCENOLOGICKÁ ANALÝZA ÚHORU PO SAMOZATRÁVNENÍ

## PHYTOCENOLOGICAL ANALYSIS OF FALLOW AFTER SELF-GRASSING

J. Novák

*Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** Phytocenological analysis of fallow after self-grassing was done in the years 1994 to 1998 in the foot of the mountains Nízke Tatry (852 m above sea level). Fallow variants were compared (variant A – moister site, variant B – drier site) with the control (variant K – permanent grassland). Dominant species in the first year was *Viola tricolor* (25%) on moister site and *Anthemis arvensis* (30.58%) on drier site. This weed flora represented the stage of annual weeds ranked among absolute weeds. In particular, *Poa trivialis* of grasses participated in settlement of the surface of uncovered soil. *Trifolium repens* (15.25%) of legumes participated in variant A in regeneration of vegetation of uncovered soil and *Myosotis palustris* (6.10%) of meadow herbs and *Taraxacum officinale* (3.12%). The highest presence of grasses was recorded by *Agrostis stolonifera* (3.05%) in variant B, of legumes *Trifolium repens* (5.05%) and of herbs *Glechoma hederacea* (8.23%), *Convolvulus arvensis* (6.20%) and *Polygonum aviculare* (5.30%). Compared with the control composed of 50 plant species, fallow variants were represented only by half number of species. Percentage of blanks was relatively high (17.25 to 20.02%). Qualitative evaluation obtained from floristic analysis using evaluation of the grassland ( $B_{TP}$ ) in variants A and B was low (2.54 to 3.10) compared with the control (5.42), because a substantial part of the plant cover formed weeds with a low feed value ( $Kh = 1$  to 2). In the second year a break in floristic composition appeared. Successive course in the mountain region was short, because the end of the stage of annual weeds and beginning of grassing of the fallow was recorded in autumn of the second trial year. After withdrawal of weed communities in succession line they were replaced in variant A by *Poa trivialis* and *Poa annua* and in variant B by *Poa trivialis*, *Agrostis stolonifera*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra* and *Trisetum flavescens*. Floristic group of grasses started to prevail and formed together 50.97 to 51.79%. The share of blanks decreased considerably by thickening of the sod of grassland. In both variants *Poa trivialis* and *Trifolium repens* played an irreplaceable role which participated in thickening and closing of the sod what resulted relatively fast in self-grassing. During five years percentage representation of the grasses increased (54.21%). The share of *Poa trivialis* was falling and it was replaced by more stable species. Compared with the first year diversity of grasses increased from 5 to 8 to 11 to 13 species. In floristic group of legumes in variant A solely fall of *Trifolium repens* occurred. Floristic group of herbs was very interesting. Percentage growth of valuable herbs was important (in variant A from 3.62 to 23.72% and in variant B from 0.90 to 23.12%), at simultaneous decrease of the other (less valuable) herbs. It was caused by qualitative growth of  $B_{TP}$  from 0.18 to 1.14. Grasses together with legumes and valuable herbs which formed a basis of the grassland participated the most in the quality of the stand what did from less valuable stand the cultural one (growth  $B_{TP}$  from 2.54 to 5.70). In floristic subgroup of valuable herbs the majority were medicinal plants. In subgroup of the other herbs of the total number 38 of nine species were medicinal, one noxious and two toxic only in green state (*Cardamine pratensis* and *Ranunculus acris*). Noxious and toxic species formed only a low proportion in phytocenosis. Total 13 plants were ranked among absolute weeds. Species diversity increased from 23 to 25 to 38 to 40 species compared with the first year but did not reach such value as the control. The course of succession in mountain conditions showed that the stage of coach grass is missing after the stage of annual weeds. This shortened the time of self-grassing because the stage of sparsely-tussocky and stoloniferous grasses arose as early as after two years. Approximation to the values under permanent grassland is also confirmed in fallow variants by decrease of the values  $C_{ox}$  and modification of the ratio C : N (Tab. I).

**Keywords:** succession of plant species; self-grassing; fallow; feed value; evaluation of grassland

**ABSTRAKT:** Výsledky výskumu v podhorí Nízkyh Tatier (852 m n. m.) v rokoch 1994 až 1998 ukazujú, že proces samozatrávňovania prebiehal veľmi rýchlo. Priebeh sukcesie v horských podmienkach bol kratší, pretože chýbalo pýrové štádium. Už v jeseni druhého pokusného roku nastal zlom. Bolo zaznamenané ukončenie štádia jednoročných burín na úroveň a začiatok jeho zatrávnenia. Po ústupe burinových spoločenstiev ich vystriedali trávy, najprv *Poa trivialis* a *Poa annua* a neskôr stabilnejšie druhy, ktoré tvorili štádium riedkotsratných a výbežkatých tráv. Floristická skupina tráv nadobudla prevahu (50,97 až 51,70 %), pričom sa výrazne znížil podiel prázdnych miest. Na obnove vegetácie pri samozatrávňovaní sa z leguminóz zúčastnil aj *Trifolium repens*. V priebehu piatich rokov percentuálne zastúpenie *Poa trivialis* kleslo, avšak podiel tráv sa zvýšil na 54,21 %. Dôležitý bol nárast hodnotných bylín (až na 23,72 %), pri súčasnom poklese ostatných, menej hodnotných bylín. Druhová diverzita sa zvýšila až na 40 rastlinných druhov, avšak nedosiahla úroveň kontroly. Z celkového

počtu bolo 21 liečivých druhov (najviac vo foristickej podskupine hodnotných bylín), 13 absolútnych burín, jeden škodlivý a dva jedovaté druhy. Trávy, ktoré tvorili základ trávneho porastu, spolu s leguminózami a hodnotnými bylinami sa výraznou mierou podieľali na kvalite porastu (nárast  $B_{TP}$  z 2,54 na 5,70). Z menej hodnotného sa stal kultúrny trávny porast.

**Kľúčové slová:** sukcesia rastlinných druhov; samozatrávnenie; úhor; křmna hodnota; bonitácia trávneho porastu

## ÚVOD

Reštrukturalizácia poľnohospodárskej výroby po roku 1990 sa dotýka aj trávnych porastov. Zmeny v štruktúre poľnohospodárskej pôdy nastávajú hlavne v podhorských a horských oblastiach. Tam, kde v minulosti v snahe o zväčšenie plôch ornej pôdy došlo k rozoraniu trávnych porastov alebo vyklčovaniu lesa, teraz dochádza k opačnému trendu. Pribúdajú plochy trávnych porastov, najmä na erózne ohrozených stanovištiach a na strmších svahoch. Často ide o samovoľný priebeh pri zatrávňovaní. Niektoré novovzniknuté porasty sa nevyužívajú z finančných dôvodov, a tiež v dôsledku poklesu stavov hospodárskych zvierat (Novák, 1997a).

Klasickým príkladom formovania trávnych spoločenstiev na ladom ležiacej ornej pôde po zanechaní poľnohospodárskej činnosti je proces samozatrávňovania. Na úhore sa najprv rozširujú jednoročné poľné buriny, ktoré vyžadujú nakyprené, kultúrne pôdy (Viljams, 1949; Regal, Krajčovič, 1963).

Moravec (1994) hovorí o sérii na opustených poliach, ktorá predstavuje najúplnejší sled začínajúci štádiom jednoročných burín a pokračuje prenikaním dvojnoročných burín, trvalých bylín a tráv. Po štádiu jedno- a dvojnoročných poľných burín pri samovoľnom zatrávnení sa postupne do porastu dostávajú pomalšie rastúce výbežkaté druhy, napr. pýr plazivý (*Elytrigia repens*), ktorý nadobúda prevahu – tzv. pýrové štádium. K tomu, aby sa na úhore vytvorili hodnotné lúky a pasienky so štádiom riedkotsrnatých tráv, treba mnoho rokov (Viljams, 1949). Žiaduci smer pri samovoľnom zatrávnení neobrobenej pôdy je závislý nielen od stanovištných podmienok, ale aj od prirodzeného zachovania zdroja semien s ich vysokou zásobou v pôde (Frame et al., 1994; Tiley, Philp, 1996). Priebeh sukcesie nie je vždy jednoznačný, súvisí s neistotou, že v pôde je dostatok semien hodnotných druhov rastlín, a so zdlhavosťou vývoja trávneho porastu (Regal, Krajčovič, 1963).

V súčasnosti sa tvoria rôzne projekty ekologizácie krajiny, obnovy biodiverzity a trvale udržateľného hospodárskeho využívania trávnych porastov (Jakrlóvá, 1995; Sláviková et al., 1998). Aj samovoľné zatrávňovanie výraznou mierou prispieva k revitalizácii a ozdraveniu krajiny, pretože má nezastupiteľný ekologický význam pre stabilitu krajiny.

## MATERIÁL A METÓDA

Cieľom výskumnej úlohy v rokoch 1994 až 1998 bolo sledovať sukcesiu rastlinných druhov pri samozatrávňovaní úhore – ladom ležiacej ornej pôdy. Pokus bol založený v podhorí Nízkyh Tatier (Nižná Boca, 852 m

n. m.). Stanovište patrí do chladnej klimatickej oblasti. Podľa dlhoročných meraní priemerná ročná teplota vzduchu dosahuje 4 až 5 °C, za vegetačné obdobie 10 až 11 °C. Dlhodobý priemer celoročného úhrnu zrážok je 900 až 1000 mm, za vegetačné obdobie 600 až 700 mm. Pôdotvorný substrát tvoria žulové horniny, na ktorých sa vyvinula kamenistá horská pôda s pôdnym typom podzol typický.

Pokus tvorili tri varianty. Dva z nich (variant A na vlhšom stanovišti a variant B na suchšom stanovišti) boli založené na úhore, kde sa predtým dlhodobou pestovali zemiaky. Varianty neboli v priebehu vegetácie hnojené. Boli raz v júli kosené a potom až do jesene spásané ovcami. Susedné plochy predstavovali trvalé trávne porasty s bohatým druhovým zastúpením. Jedna z plôch podobného floristického zloženia v blízkosti variantov A a B tvorila tretí variant K, ktorý slúžil ako kontrola (tab. I).

Fytcenologickú analýzu sme robili na parcelách o ploche 20 m<sup>2</sup>, na ktorých boli vytýčené trvalé výskumné štvorce v štyroch opakovaniach. Hodnoty %D sme získali metódou pravej pokryvnosti (Klapp, 1965) pomocou metroviiek so sieťou (veľkosť štvorcikov 0,01 m<sup>2</sup>). Z pravej pokryvnosti sme vypočítali bonitáciu trávneho porastu  $B_{TP}$  zo vzťahu

$$B_{TP} = \frac{\%D \cdot Kh}{100}$$

kde:  $B_{TP}$  – bonitácia trávneho porastu

Kh – křmna hodnota (Klapp et al., 1953)

%D – dominancia (pokryvnosť) vyjadrená v percentách

V odobratých vzorkách pôdy sme stanovili celkový dusík ( $N_t$ ) podľa Kjeldahla, prístupný draslík podľa Schachschabela, prístupný fosfor podľa Egnera, pH v KCl, oxidovateľný uhlík ( $C_{ox}$ ); z  $C_{ox}$  a  $N_t$  bol vypočítaný pomer C : N.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prvý rok po opustení ornej pôdy v horskej oblasti (852 m n. m.) bol na úhore začiatkom sukcesného pribúdania rastlinných druhov. Vzniknutú flóru tvorili burinové asociácie (tab. I). Na vlhšom stanovišti (variant A) bola dominantným druhom *Viola tricolor* (25 %) a na suchšom stanovišti (variant B) *Anthemis arvensis* (30,58 %). Tieto druhy, ktoré sme zaradili medzi absolútne buriny, predstavovali štádium jednoročných burín a vyžadovali kyprú, dobre prevzdušnenú pôdu. To potvrdili už v minulosti mnohí autori (Viljams, 1949; Regal, Krajčovič, 1963; Velich, 1986 a iní). Na osídľovaní povrchu pôdy vegetáciou sa na začiatku výskumu pomerne vysokým percentuálnym zastúpením podieľala

*Poa trivialis* (6,10 až 12,40 %). Veľmi dobre využívala voľné miesta v poraste, ktoré tvorili od 17,25 do 20,02 %. Z ďalších rastlinných druhov, ktoré sa svojou prezenciou na variante A zúčastnili na obnove vegetácie nepokrytej pôdy, boli *Trifolium repens* (15,25 %), *Myosotis palustris* (6,10 %), *Taraxacum officinale* (3,12 %) a na variante B z floristickej skupiny tráv *Agrostis stolonifera* (3,05 %), z leguminóz *Trifolium repens* (5,05 %) a z bylín *Glechoma hederacea* (8,23 %), *Convolvulus arvensis* (6,20 %) a *Polygonum aviculare* (5,30 %). Oproti kontrole (K), ktorú tvoril pestrý trvalý trávny porast, zložený z 50 rastlinných druhov, mali sledované varianty na úhore až o polovicu menšie zastúpenie. Pretože dominovali jednoročné buriny, floristická skupina bylín bola svojím podielom percentuálne najvyššia (47,21 až 62,55 %). Podstatnú časť tvorila podskupina menej hodnotných bylín (43,59 až 61,65 %). Kvalitatívne hodnotenie pomocou bonitácie trávneho porastu ( $B_{TP}$ ) na variantoch A a B bolo nízke (2,34 až 3,10) v porovnaní s kontrolou (5,42), pretože väčšiu časť rastlinného krytu tvorili buriny s nízkou kŕmnom hodnotou ( $Kh = 1$  až 2).

Už v jeseni druhého pokusného roku nastal vo fytoocenóze zlom. Burinové spoločenstvá ustúpili a v sukcesnom rade ich vystriedali trávy. Na variante A to bola *Poa trivialis* a *Poa annua* a na variante B sme zaznamenali *Poa trivialis*, *Agrostis stolonifera*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra* a *Trisetum flavescens*. Floristická skupina tráv nadobudla prevahu a tvorila 50,97 až 51,79 %. Dôležitú úlohu pri samozatrávňovaní v prvých rokoch na oboch variantoch pripisujeme *Poa trivialis*. Podobné výsledky sme dosiahli predtým aj na eutrofizovanom stanovišti (Novák, 1997b). Po presvetlení kosbou tento druh zahusťoval a uzatváral maččinu, čo spôsobilo veľmi rýchle samozatrávňovanie prázdnych miest, zahusťovanie maččiny, pričom bola pôda chránená pred eróziou a ďalším rozširovaním burín z pôdnej zásoby.

V priebehu piatich rokov sa rastlinný kryt postupne obohacoval druhmi z floristickej skupiny tráv (53,69 až 54,21 %). Na variantoch A a B s trvalými štvorcami neboli rozdiely v celkovom percentuálnom podiele tráv, ale v zastúpení jednotlivých druhov. Na vlhšom stanovišti prevládali *Alopecurus pratensis*, *Poa trivialis* a na suchšom stanovišti *Dactylis glomerata*. Percentuálne zastúpenie *Poa trivialis* prudko klesalo, dokonca v poslednom roku na suchšom stanovišti tento druh takmer ustúpil a na jeho miesto sa dostali stabilnejšie druhy tráv. Potvrďuje to jej vzťah k vlhším stanovištným podmienkam (variant A). Oproti roku 1994 sa zvýšil počet druhov tráv z 5 až 8 na 11 až 13 (tab. I).

Floristická skupina leguminóz obohatila trávny porast, pretože z kvalitatívneho hľadiska patrili druhy k hodnotným a cenným komponentom s vysokou kŕmnom hodnotou ( $Kh = 7$  až 8). *Trifolium repens*, aj keď na variante A nastal jeho čistočný pokles, svojimi nadzemnými stolónmi sa rozmiestňoval na nezaplnených miestach v maččine a podieľal sa na zahusťovaní a samozatrávňovaní úhore. Ak porovnáme varianty A a B, boli medzi nimi

nepatrné rozdiely, len *Trifolium pratense* sa vyznačovalo vyšším podielom na suchšom stanovišti.

Pri samozatrávňovaní sa zúčastnila tiež floristická skupina lúčnych bylín. Aj keď jej percentuálny podiel sa oproti prvému roku znížil, pretože bol spôsobený ústupom dominantných burín, za päť rokov sa zastúpenie zvýšilo z 15 na 24 druhov. Je pozoruhodné, že v tejto skupine podiel ostatných (menej hodnotných) druhov klesal a naopak prezencia hodnotných druhov stúpala (na variante A sa zvýšila z 3,62 na 23,72 %; na variante B z 0,90 na 23,12 %). Rozdiely vo floristickom zložení medzi trvalými štvorcami na variantoch A a B boli v celkovom zastúpení nepatrné. Ak porovnáme jednotlivé druhy, na vlhšom stanovišti sme zaregistrovali väčší podiel *Acetosa pratensis*, *Anthemis arvensis* a na suchšom stanovišti *Achillea millefolium*. Hodnotné byliny sa výrazne podieľali na celkovom kvalitatívnom hodnotení, aj keď ich počet bol o polovicu nižší ako v podskupine ostatných bylín. Tým, že sa ich percentuálny podiel zvyšoval, stúpali aj hodnoty  $B_{TP}$  (z 0,18 na 1,15). Vo floristickej podskupine hodnotných bylín bola väčšina liečivých rastlín. V podskupine ostatných bylín z celkového počtu 38 bolo deväť druhov oficiálnych (liečivých), jeden škodlivý ( $Kh = 0$ ) a dva druhy jedovaté (toxické) iba v zlelom stave ( $Kh = -1$ ), ku ktorým patrili *Cardamine pratensis* a *Ranunculus acris*. Škodlivé a jedovaté druhy tvorili len malý podiel vo fytoocenóze. Medzi absolútne buriny sme zaradili 13 druhov, z ktorých dva druhy (*Anthemis arvensis* a *Viola tricolor*) sa podstatnou mierou pričínili na tvorbe štádia jednoročných burín. Pri porovnávaní variantov A a B sme zaregistrovali na vlhšom stanovišti *Aegopodium podagraria*, *Myosotis palustris*, *Ranunculus repens* a na suchšom stanovišti sa neprejavila dominancia výrazných druhov, ktoré by boli typické pre tieto podmienky.

Podiel prázdnych miest, ktorý bol pomerne vysoký (17,45 až 20,02 %), sa v dôsledku zahusťovania vegetačného krytu už v prvom roku výrazne znížil na 1,10 až 4,40 %. V priebehu ďalších rokov sa udržiaval maximálne do 2,90 %.

Za päťročné obdobie sledovania sukcesie rastlinných druhov konštatujeme, že kvalita trávneho porastu, získaná z floristickej analýzy pomocou  $B_{TP}$ , postupne stúpala. Druhy vo floristickej skupine tráv, ktorá tvorila základ trávneho porastu, spôsobili nárast  $B_{TP}$  z 1,13 na 3,58. Spolu s leguminózami a hodnotnými bylinami sa podstatnou mierou podieľali na výslednej kvalite trávneho porastu a z menej hodnotného sa stal kultúrny trávny porast (nárast  $B_{TP}$  z 2,54 na 5,70). Druhovú diverzitu sa zvýšila z 23 až 25 na 38 až 40 druhov, avšak nedosiahla také hodnoty ako na kontrole. Priebeh sukcesie na úhore trval kratší čas, pretože fytoocenóza sa veľmi rýchlo sformovala do štádia riedkotsrnatých a výbežkatých tráv. V následnosti druhov chýbal *Elytrigia repens* a s ním súvisiace pýrové štádium, o ktorom sa zmieňuje Viljams (1949). Predpokladáme, že stepné podmienky v černozemnej oblasti, v ktorých citovaný autor výskumne pracoval, sa vyznačovali iným priebehom sukcesie ako v lesno-lúčnej zóne horskej oblasti na

## I. Fytcenologická analýza úhoru po samozatravnění – Phytocenological analysis of fallow after self-grassing

FS	Druh <sup>1</sup>	Kh	K		A										B											
			%D	BTP	1994		1995		1996		1997		1998		1994		1995		1996		1997		1998			
					%D	BTP	%D	BTP																		
Trávy <sup>2</sup>	hodnotné <sup>5</sup>	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	7	6,47	0,45	0,45	0,03	0,75	0,05	0,90	0,06	1,65	0,11	2,33	0,16	3,05	0,21	10,50	0,73	12,50	0,87	13,25	0,93	13,90	0,97	
		<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	5	2,15	0,11			0,85	0,04	2,20	0,11	2,87	0,14	3,12	0,16			+		0,45	0,02	0,60	0,03	1,10	0,05	
		<i>Alopecurus pratensis</i> L.	7	1,10	0,08			2,07	0,14	2,65	0,18	3,09	0,22	3,77	0,26			+		0,35	0,02	0,70	0,03	0,98	0,05	
		<i>Bromus commutatus</i> Schrad.	5	0,02																						
		<i>Dactylis glomerata</i> L.	7	1,05	0,07			1,12	0,08	2,80	0,20	3,68	0,26	4,20	0,29			5,60	0,39	9,38	0,66	10,12	0,71	10,60	0,74	
		<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv.	6													0,35	0,02	+	0,01	+						
		<i>Festuca pratensis</i> Huds.	8	7,70	0,62			1,42	0,11	1,70	0,14	2,45	0,20	2,75	0,22	0,40	0,03	0,90	0,07	1,45	0,12	3,00	0,24	3,21	0,26	
		<i>Festuca rubra</i> L.	5	2,23	0,11			1,80	0,09	2,00	0,10	3,68	0,13	4,45	0,22	0,02		6,64	0,33	6,88	0,34	8,10	0,40	8,60	0,43	
		<i>Lolium perenne</i> L.	8	+	0,02	0,37	0,03	1,86	0,15	1,90	0,15	1,50	0,12	1,50	0,12											
		<i>Phleum pratense</i> L.	8	3,15	0,25			0,74	0,06	0,80	0,06	1,80	0,06	2,25	0,18	1,08	0,09	2,15	0,17	2,60	0,21	3,00	0,24	3,25	0,26	
		<i>Poa annua</i> L.	5			2,20	0,11	8,40	0,42	5,30	0,26	+	0,01			1,62	0,08	2,50	0,12	+	0,01					
		<i>Poa pratensis</i> L.	8	2,75	0,22					+	0,02	1,85	0,15	2,70	0,22			+	0,02	0,45	0,04	1,50	0,12	2,00	0,16	
		<i>Poa trivialis</i> L.	7	3,02	0,21	12,40	0,87	29,13	2,04	25,55	1,79	23,09	1,62	15,25	1,07	6,10	0,43	17,06	1,19	10,20	0,71	4,08	0,29	+	0,02	
		<i>Trisetum flavescens</i> (L.) Beauv.	7	15,55	1,07	1,25	0,09	2,83	0,20	5,55	0,39	8,00	0,56	11,39	0,80	+	0,02	5,20	0,36	6,12	0,43	8,16	0,57	8,20	0,57	
					45,87	3,23	16,67	1,13	50,97	3,38	51,60	3,46	53,91	3,58	53,71	3,70	12,85	0,88	51,54	3,39	50,88	3,43	51,51	3,56	52,09	3,51
	ostatné <sup>6</sup>	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	3	1,99	0,06																					
		<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	3	5,25	0,16													+			1,50	0,04	1,60	0,05	1,60	0,05
		<i>Festuca ovina</i> L.	3	0,50	0,01																					
		<i>Poa chaixii</i> Vill. in L.	2	0,25	0,01																					
						7,99	0,24							0,50				0,25			1,50	0,04	1,60	0,05	1,60	0,05
				53,86	3,47	16,67	1,13	50,97	3,38	51,60	3,46	53,91	3,58	54,21	3,70	12,85	0,88	51,79	3,39	52,38	3,47	53,11	3,61	53,69	3,56	
Legumí- nózy	<i>Lotus corniculatus</i> L.	7	+	0,02						+	0,02	+	0,02						+	0,02	0,90	0,06	1,05	0,07		
	<i>Trifolium pratense</i> L.*	7	2,10	0,15	0,85	0,06	1,00	0,07	1,35	0,09	1,50	0,10	1,45	0,10	2,10	0,15	3,03	0,21	3,20	0,22	3,30	0,23	2,35	0,16		
	<i>Trifolium repens</i> L.	8	8,05	0,64	15,25	1,22	12,57	1,00	11,12	0,89	10,42	0,83	5,62	0,45	5,05	0,40	9,55	0,76	10,40	0,83	9,00	0,72	6,41	0,51		
					10,40	0,81	16,10	1,28	13,57	1,07	12,47	0,98	11,92	0,93	7,07	0,55	7,15	0,55	12,58	0,97	13,85	1,05	13,20	0,95	9,81	0,74
Byliny <sup>4</sup>	hodnotné <sup>5</sup>	<i>Acetosa pratensis</i> Mill.*	4	2,60	0,10			0,62	0,02	1,35	0,05	2,11	0,08	3,58	0,14			+	0,01	0,89	0,03	1,33	0,05	1,40	0,06	
		<i>Achillea millefolium</i> L.*	5	2,55	0,13					+	0,01	+	0,01	0,69	0,13			+	0,01	1,96	0,10	1,96	0,12	2,65	0,13	
		<i>Alchemilla xanthochlora</i> Rothm.*	5	7,15	0,36			2,48	0,12	3,10	0,15	4,30	0,21	6,35	0,32			3,38	0,17	5,02	0,25	5,44	0,27	5,68	0,28	
		<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	4	0,90	0,04	+	0,01	2,00	0,08	1,90	0,08	1,55	0,06	1,00	0,04											
		<i>Carum carvi</i> L.*	5	1,40	0,07					+	0,01	+	0,01	+	0,01											
		<i>Heraclium sphondylium</i> L.*	5	+	0,01	+	0,01	0,35	0,02	+	0,01	+	0,01	+	0,01											
		<i>Leontodon autumnalis</i> L.	5	2,10	0,10			3,15	0,16	3,50	0,17	2,95	0,15	3,00	0,15			+	0,01	2,05	0,10	2,15	0,11	2,25	0,11	
		<i>Pimpinella saxifraga</i> L.*	5	+	0,01																+	0,01	+	0,01	+	0,01
		<i>Plantago lanceolata</i> L.*	6	0,65	0,04							+	0,01	+	0,01						+	0,01	0,37	0,02	0,77	0,05
		<i>Taraxacum officinale</i> Web.*	5	4,15	0,21	3,12	0,16	4,50	0,22	5,60	0,28	6,15	0,31	8,35	0,42	0,90	0,04	4,58	0,23	7,16	0,36	9,59	0,48	9,82	0,49	
				22,00	1,07	3,62	0,18	13,10	0,62	16,20	0,76	18,06	0,85	23,72	1,13	0,90	0,04	8,71	0,43	17,83	0,87	21,85	1,07	23,12	1,15	
ostatné <sup>9</sup>	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	3	0,63	0,02	2,66	0,08	2,17	0,06	1,92	0,06	1,57	0,05	2,05	0,06												
	<i>Anthemis arvensis</i> L.*	2													30,58	0,61	5,57	0,11	+							
	<i>Arctium lappa</i> L.*	1													+		+									
	<i>Atriplex prostrata</i> Boucher em. Rauschert°	1			2,36	0,02									2,22	0,02	+									
	<i>Bellis perennis</i> L.*	2	0,75	0,01	+		1,35	0,03	2,00	0,04	2,14	0,04	2,35	0,05								+		+		
<i>Campanula patula</i> L.	3	+	0,01							+	0,01								+	0,01	+	0,01	+	0,01		



## II. Agrochemické vlastnosti pôdy – Agrochemical soil properties

Ukazovateľ <sup>1</sup> (index <sup>2</sup> )	K		A					B				
	1994	1994	1995	1996	1997	1998	1994	1995	1996	1997	1998	
N <sub>i</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	1,65	2,63	2,21	1,92	1,75	1,62	2,52	2,10	1,95	1,79	1,69	
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	44,12	58,03	51,35	48,07	46,03	45,20	59,05	55,25	51,03	49,90	47,00	
K (mg.kg <sup>-1</sup> )	125,17	210,04	190,13	150,19	131,43	125,15	230,15	200,60	170,30	150,12	135,80	
pH (KCl)	5,00	4,80	4,85	4,90	4,93	4,91	5,02	5,00	5,15	5,11	5,10	
C <sub>ox</sub> (g.kg <sup>-1</sup> )	23,50	31,50	28,00	24,46	22,83	22,36	29,85	27,05	26,13	25,00	24,10	
C : N	14,24	11,79	12,67	12,74	13,04	13,80	11,84	12,88	13,40	13,97	14,26	

A, B, K = varianty – variants

<sup>1</sup>indicator, <sup>2</sup>index

Slovensku, kde blízke rozsiahle trávne porasty veľmi výrazne ovplyvňujú nepokryté plochy ladom ležiacej ornej pôdy. Disemináciou sa semená kultúrnych druhov z týchto plôch veľmi rýchlo rozširovali. Sukcesný priebeh bol krátky, pretože už v jeseni druhého pokusného roku sme zaznamenali ukončenie štádia jednorokých burín na úhore a začiatok jeho zatrávnenia. Vytvoril sa trávny ekosystém so zapojenou mačinou a jeho krajinnotvorná a ekologická hodnota sa prejavila v porovnaní s nepokrytou ornou pôdou v odolnosti voči vodnej a veternej erózii.

Na variantoch pokusov v podhorí Škótska (600 až 700 m n. m.) v odlišných klimatických podmienkach porovnávali Tiley, Philp (1996) kontrolu (trvalý trávny porast) s úhorom vzniknutým prirodzenou regeneráciou a úhorom po sejbe komerčnej miešanky (päť druhov tráv a 14 lúčnych bylín). Druhá diverzita stúpala viac na ladom ležiacej ornej pôde, kde za tri roky (pH 5,3, porast jedenkrát kosený v auguste až septembri) z pôdnej zásoby vyklíčili 31 druhov rastlín. Dominovali *Poa trivialis* (28 až 33 %), *Agrostis stolonifera* (9 až 31 %) a lokálne *Ranunculus repens* (11 až 22 %). Pri porovnaní s našimi podmienkami za rovnako dlhé trojročné obdobie sme zaznamenali vyššiu druhovú diverzitu (A variant 35 a B variant 40 druhov rastlín).

Priebeh sukcesie rastlinných druhov v horských podmienkach ukázal, že po štádiu jednorokých burín chýbalo pýrové štádium. Tým sa skrátli čas samozatrávňovania, pretože už za dva roky sa vytvorilo štádium riedkotsratných a výbežkatých tráv. Formovanie fytoenózy na úhore sprevádzali aj prebiehajúce zmeny v pôde (rozklad humusu, uľahnutie pôdy). Priblíženie sa k hodnotám v pôde pod trvalým trávnym porastom potvrdzuje na variantoch úhore zníženie hodnôt C<sub>ox</sub> a úprava pomeru C : N (tab. II). Podobné zmeny zaznamenal aj Viljams (1949).

Dobre zapojený trávny ekosystém s bohatou druhovou diverzitou, so zastúpením hodnotných tráv, legumín-

nóz a bylín bez burinových druhov s kŕmnu hodnotou Kh = 4, prispel okrem produkčných aj k mimoprodukčným funkciám (pôdochranná, vodohospodárska, zdravotne-hygienická, bio-homeostatická, estetická) a k stabilite krajinného ekosystému.

## LITERATÚRA

- Frame J., Fisher G. E. J., Tiley G. E. D. (1994): Wildflowers in grassland systems. In: Haggard R. J., Peel S.: Grassland management and nature conservation. Occ. Symp. No. 28, Brit. Grassl. Soc.: 104–114.
- Jakrlová J. (1995): Aluviální louky – ekologické funkce, současný stav a možnosti obnovy. Rostl. Vyr., 41: 582.
- Klapp E. et al. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Das Grünland. Z. Tierzücht., 5: 39–40.
- Klapp E. (1965): Grünlandvegetation und Standort. Berlin, Hamburg, Verlag Paul Parey. 384 s.
- Moravec J. (1994): Fytocenologie. Praha, Academia. 403 s.
- Novák J. (1997a): Biodiverzita antropogénne ovplyvnených ruderalizovaných trávnych porastov. [Habilitationná práca.] Nitra, SPU. 192 s.
- Novák J. (1997b): Význam lípnice pospolitej (*Poa trivialis* L.) pri samozatrávňovaní. Poľnohospodárstvo, 43: 905–916.
- Regal V., Krajčovič V. (1963): Pícninářství. Praha, SZN: 197–198.
- Sláviková D., Krajčovič V. a kol. (1998): Ochrana biodiverzity a obhospodarovanie trvalých trávnych porastov chránenej krajinskej oblasti – biosférickej rezervácie Poľana. Bratislava, IUCN. 194 s.
- Tiley G. E. D., Philp B. (1996): Regeneration of floral diversity in grassland conservation headlands. In: Grassland and land use systems, 16th EGF Meet. Grado: 855–858.
- Velich J. (1986): Studium vývoje produkční schopnosti trvalých lúčnych porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha, VŠZ. 162 s.
- Viljams V. R. (1949): Travopojnája sistema zemledelja. Moskva, GISL. 493 s.

Došlo 19. 11. 1998

## Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Ján Novák, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 00421 87/60 12 30, fax.: 00421 87/41 14 51, e-mail: novak.jan@afnet.uniag.sk

# DISTRIBUCE VYBRANÝCH STOPOVÝCH PRVKŮ V NĚKOLIKA OMBROTROFNÍCH RAŠELINIŠTÍCH ČESKÉHO MASIVU

## DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN SEVERAL OMBROTROPHIC PEATBOGS IN THE BOHEMIAN MASSIF

V. Ettler, M. Mihaljevič

*Charles University, Faculty of Science, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** Vertical profiles from the *Sphagnum* derived peatbogs are used as the monitors of the historical pollution by heavy metals via atmospheric wet and dry precipitation. Present study is focused on different trends in heavy metal distribution in shallow profiles through the bogs. For this study, following ombrotrophic peatbogs located in the frontier mountains in the Czech Republic were selected: Pod Jelení horou (Krušné hory), Bílá Smědá (Jizerské hory), Úpské rašeliniště and Pančavská louka (Krkonoše), and Jezerní sláť (Šumava). From each site peat cores were collected using a PVC cylinder with sharpened bottom edge, 10 cm in diameter. At Jezerní sláť, six peat cores were collected to determine the distribution of elements within the bog. Cores, about 40 cm long, were freeze-dried and sectioned into 2 cm thick parts using a band saw. Peat samples were analysed for total concentration of Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn using the atomic absorption. The results confirm higher trace element concentration in northern and north-western regions in the Czech Republic. In general, three main types of trace element distribution in the vertical profiles were found: 1. Exponential increase of Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni and Pb concentration. This trend is typical for sites in the northern part of the Czech Republic and could reflect the influence of industrial activities in last decades (brown coal mining, heavy industry). 2. Monotonous distribution of metal in peat profile. This invariable pattern was identified at Jezerní sláť in case of Mn which belongs to metals whose postdepositional redistribution is possible. 3. Concentration of metals increasing with depth. This type of concentration curve could be explained by the constant flux of metals (Pb, Cu, Cr) in unpolluted regions (Jezerní sláť), or by mobilisation of Fe from the upper to the deeper part of the profile. High heavy metal concentration in the upper layers of peat profile indicates the historical pollution of the system by industrial immissions. Detailed study at Jezerní sláť shows the large local variation in the trace element distribution within the peatland. Distribution of metals is influenced by pH, Eh, humic acid content, compression of peat, type of *Sphagnum*, water level variation, surface vegetation, and the only knowledge of the element concentration is not sufficient to determine the processes of their redistribution and mobilisation.

**Keywords:** peatbog; trace elements; pollution; profiles

**ABSTRAKT:** Práce se zabývá distribucí vybraných kovů v jednotlivých horizontech profilů z těchto vrchovištních rašelinišť: Pod Jelení horou (Krušné hory), Bílá Smědá (Jizerské hory), Úpské rašeliniště a Pančavská louka (Krkonoše) a Jezerní sláť (Šumava). Na Jezerní slati byla odebrána pravidelná síť šesti vrtných jader. Vzorky rašelin byly analyzovány na obsah Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb a Zn. Exponenciální nárůst koncentrací v profilu směrem k povrchu byl zjištěn u Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb a Zn na severočeských a východočeských lokalitách. Tento trend může indikovat nárůst znečištění těchto oblastí atmosférickými imisemi zejména v posledních desetiletích. Vzorky rašelin z Jezerní slati vykazují ve většině případů nižší průměrné koncentrace kovů, než byly naměřeny na ostatních rašeliništích. Nárůst koncentrací Fe, Cu a Pb s hloubkou, zaznamenaný v profilech z Jezerní slati, je zřejmě způsoben konstantním vstupem těchto prvků do rašeliniště. Podrobnější studie na Jezerní slati ukázala, že dochází k lokálním odchylkám v distribuci kovů v rámci rašeliniště. Distribuce prvků v rašeliništi je ovlivněna hodnotou pH a Eh prostředí, množstvím huminových kyselin, kompakcí rašeliny, druhem rašeliničnicku *Sphagnum*, výškou hladiny podzemní vody, typem povrchové vegetace apod.

**Klíčová slova:** rašeliniště; stopové prvky; znečištění; profily

### ÚVOD

Porozumění historickým trendům v depozici znečišťujících látek může pomoci při studiu a předpovědi do-

padu současného znečištění. Za tímto účelem jsou často zkoumány vertikální profily vrchovištními rašeliništi nebo jezerními sedimenty (Lee, Tallis, 1973; Vile, 1995 aj.). Prostředí vrchovištního rašeliniště je k tomuto úče-

lu nejvhodnější vzhledem k tomu, že vliv podzemních vod na redistribuci polutantů lze zanedbat. Jde tedy o rašeliniště, která přijímají veškeré živiny výhradně suchou nebo mokrou depozicí z atmosféry (Jones, Hao, 1993). Tyto ekosystémy jsou málo ovlivněné minerálním podložím a konkrétní lidskou činností. Mezi takové patří především vrchoviště vyšších poloh, nezasažené přímo hospodářskými aktivitami (Havelka, 1994). Samotný vertikální profil rašeliništěm reprezentuje historický záznam depozice řady sloučenin prvků do systému. Pro použití vrchovištních rašelinišť k monitorování atmosférické depozice se vychází z několika předpokladů:

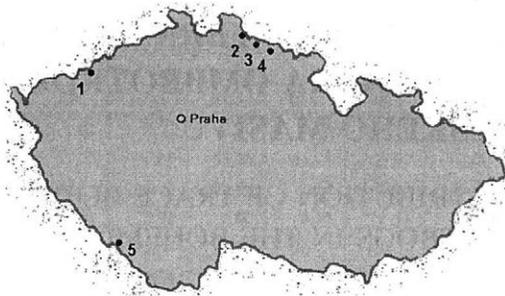
- sloučeniny stopových prvků vstupují do systému pouze z atmosféry
- chronologický záznam depozice je nepřerušovaný (např. těžbou rašeliny nebo jinými aktivitami)
- po uložení nedošlo k redistribuci nebo remobilizaci prvků (Livett, 1988)

Pochybnosti o imobilitě zejména těžkých kovů do dnes přetrvávají, avšak většina badatelů se domnívá, že až na výjimky (Fe, Mn) nedochází k redistribuci kovů po jejich depozici do systému (Jones, Hao, 1993; Vile et al., 1995). Pro posouzení změn v depozici kovů do ekosystému po průmyslové revoluci jsou odebírána vrtná jádra do hloubky přibližně 50 cm.

Tato práce se zabývá porovnáním a interpretací vertikálních koncentračních profilů českých vrchovišť z oblastí imisně postižených s rašeliništěm nacházejícím se v oblasti relativně neznečištěné.

## MATERIÁL A METODA

Byla vzorkována tato rašeliniště severních a východních Čech: Pod Jelení horou, Bílá Smědá, Úpské rašeliniště a Pančavská louka (tab. I, obr. 1). Na každé z těchto lokalit bylo odebráno jedno reprezentativní vrtné jádro. Jako srovnávací odběrová lokalita byla vybrána Jezerní slat na Šumavě, kde bylo odebráno šest vrtných jader v pravidelné síti 15 x 15 m pro studium variability distribuce kovů v rámci rašeliniště (tab. I, obr. 1).



1. Rozmístění odběrových lokalit – Localisation of sampled sites

- 1 – Pod Jelení horou, 2 – Bílá Smědá, 3 – Pančavská louka, 4 – Úpské rašeliniště, 5 – Jezerní slat

Odběr jednotlivých vrtných jader byl prováděn pomocí PVC sondy zhotovené z válce o průměru 10 cm a délce 60 cm se zaostřeným spodním okrajem. Válec byl lehkým rotačním pohybem zasunut do rašeliny tak, aby stlačení celého jádra bylo co nejmenší (tab. II). Rukou byl zakryt spodní okraj válce a celé jádro bylo vytlačeno na povrch. Po zázátkování obou okrajů trubice bylo každé jádro transportováno do laboratoře, zmrazeno a poté nařezáno na 2 cm silné plátky. Jednotlivé vzorky byly sušeny při 50 °C a homogenizovány v achátových mlynech. Každý vzorek byl mineralizován metodou na suché cestě (zpopelnění a postupný rozklad HF, HClO<sub>4</sub> a HCl) a analyzován na obsah Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb a Zn atomovou absorpční spektrofotometrií přístrojem Spectra AA 200 HT (Varian).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkově vyšší koncentrace většiny kovů byly zjištěny v profilech severočeských a východočeských vrchovišť (tab. III). Při studiu distribuce prvků v rašeliništích v závislosti na hloubce byly zaznamenány tři základní trendy v distribuci:

I. Charakteristika studovaných rašelinišť vrchovištního typu – Characteristics of studied ombrotrophic peatbogs

Rašeliniště <sup>1</sup>	Pohoří <sup>2</sup>	Poloha <sup>3</sup>	Nadmožská výška <sup>4</sup> (m)	Úhrn srážek <sup>5</sup> (mm)	Průměrná teplota <sup>6</sup> (°C)	Podloží <sup>7</sup>
Pod Jelení horou	Krušné hory	50° 31' E 13° 10' N	875–895	1 249	4,1	pararuly <sup>8</sup> , ortoruly <sup>9</sup> , hlinitopísčité zemina <sup>10</sup>
Bílá Smědá	Jizerské hory	50° 50' E 15° 18' N	950–980	1 476	4,4	porfyrická biotitická žula <sup>11</sup>
Pančavská louka	Krkonoše	50° 46' E 15° 30' N	1 350	1 513	1,8	žulový zvětralínový plášť <sup>12</sup>
Úpské rašeliniště	Krkonoše	50° 44' E 15° 43' N	1 420–1 430	1 513	1,8	žulový zvětralínový plášť
Jezerní slat	Šumava	49° 03' E 13° 36' N	1 058–1 075	1 267	3,5	biotiticko-muskovitické granity <sup>13</sup>

<sup>1</sup>peatbog, <sup>2</sup>mountains, <sup>3</sup>position, <sup>4</sup>altitude, <sup>5</sup>sum of precipitation, <sup>6</sup>average temperature, <sup>7</sup>geological basement, <sup>8</sup>paragneiss, <sup>9</sup>orthogneiss, <sup>10</sup>loamy sand earth, <sup>11</sup>porphyric biotite granite, <sup>12</sup>granite regolith, <sup>13</sup>biotite muscovite granites

II. Délka jednotlivých vrtných jader – Length of sampled peat cores

Rašeliniště <sup>1</sup>	Délka vrtného jádra <sup>2</sup> (cm)
Pod Jelení horou	42
Bílá Smědá	45
Pančavská louka	40
Úpské rašeliniště	42
Jezerní slat 1	38
Jezerní slat 2	35
Jezerní slat 3	36
Jezerní slat 4	30
Jezerní slat 5	36
Jezerní slat 6	32

<sup>1</sup>peatbog, <sup>2</sup>length of peat core

- Exponenciální nárůst koncentrace v profilu může být způsoben zvýšenou depozicí prvku do rašeliniště v obdobích výraznější průmyslové aktivity (těžba a spalování hnědého uhlí, černá a barevná metalurgie). Tento trend je charakteristický pro severočeské a východočeské lokality v případě Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni a Pb (obr. 2). Podobný trend, zjištěný v distribuci Mn v několika profilech z Jezerní slati, může být způsoben akumulací tohoto esenciálního prvku v živých částech rašeliničku (Damman, 1978).
- Nulový koncentrační gradient byl pozorován v distribuci Mn v několika vrtech na lokalitě Jezerní slat (obr. 3). Jak uvádějí Jones, Hao (1993), patří Mn k prvkům, jejichž vertikální mobilita v profilu je možná. Tento trend tedy nesouvisí s konstantním vstupem prvku do rašeliniště, ale je výsledkem migrace sloučenin Mn.
- Některé prvky (Fe, Pb, Cu, Cr) vykazují nárůst koncentrace v profilu směrem do hloubky (obr. 4). Tento

trend, zaznamenaný zejména v profilech z Jezerní slati, může být výsledkem konstantního vstupu prvku do rašeliniště. Distribuce Fe může být ovlivněna buď vazbou na huminové kyseliny, které se ve větším množství vyskytují ve spodních partiích rašeliny, degradovaných procesy humifikace (Mattson, Koutler-Andersson, 1955; Wieder, Lang, 1986), nebo je způsobena mobilizací Fe v profilu směrem do hlubších partií (Jones, Hao, 1993). V oblastech relativně málo imisně zatížených jsou vyšší koncentrace pozorovány ve spodních partiích rašeliniště, kde dochází k dekompozici a stlačení rašeliny.

Distribuční křivky z lokality Pod Jelení horou mají složitější průběh a vykazují maximum u koncentrací některých prvků (Fe, Mn, Zn) v hloubce mezi 20 až 26 cm. Tato odchylka od ostatních lokalit souvisí s výskytem silikátového horizontu v hloubce kolem 20 cm, jehož materiál pochází z výše položených svahů Jelení hory, tvořených bazaltovými zvětralinami. Tento horizont může distribuci zmíněných prvků významně ovlivnit (obr. 5).

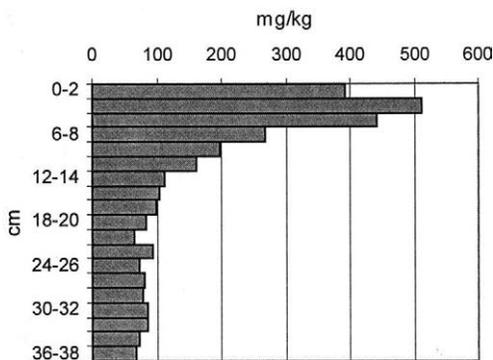
Zvýšené koncentrace rizikových prvků ve svrchních vrstvách rašeliny jsou velmi často indikátorem znečištění prostředí atmosférickými imisemi. Exponenciální nárůst koncentrací je typický pro znečištěné oblasti severních Čech. Podrobnější studie na Jezerní slati ukazuje, že v rámci rašeliniště dochází k lokální odchylkám v distribuci jednotlivých prvků. Hloubková distribuce kovů v rašeliništi je ovlivněna mnohými faktory: pH, Eh, množstvím huminových sloučenin, stlačením rašeliny, druhem rašeliničku *Sphagnum* i typem povrchové vegetace a také výškou hladiny podzemní vody. Ekosystém rašeliniště je velmi složitý a znalost koncentrací prvků v jednotlivých horizontech rašeliniště není sama o sobě dostačující pro definování procesů mobilizace a redistribuce jednotlivých elementů.

III. Průměrné, maximální a minimální hodnoty koncentrací stopových prvků zaznamenané na jednotlivých rašeliništích (mg/kg) – Mean, maximum and minimum concentrations of trace elements from the peat of different sites (mg/kg)

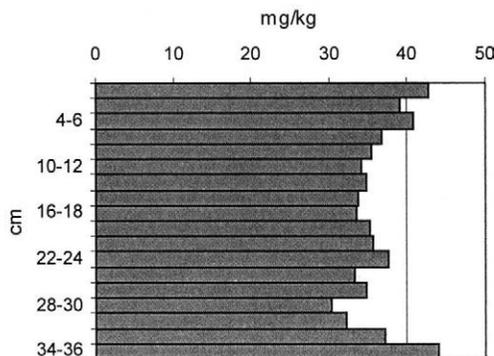
Rašeliniště <sup>1</sup>	Hodnota <sup>2</sup>	Be	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Pod Jelení horou	$\bar{x}$	0,21	0,76	8,01	15,62	9 591	39,44	7,31	129,45	51,57
	max	0,6	1,15	33,2	27,45	27 290	54,7	12,15	312,4	72,55
	min	< 0,1*	0,35	1,65	9,5	2 820	30,45	3,8	3,2	36,4
Bílá Smědá	$\bar{x}$	0,13	1,34	7,26	6,72	1 981	19,24	3,38	233,94	41,47
	max	0,3	3,8	34,6	31,5	8 072	65,6	13,95	350,4	75
	min	< 0,1*	0,35	2,25	0,45	935	7,1	< 1*	69,4	10,4
Pančavská louka	$\bar{x}$	0,16	1,37	4,26	5,38	1 816	11,06	2,73	161,57	30,62
	max	0,5	6,6	19,45	28,25	8 760	64,35	12,15	511,25	92,35
	min	< 0,1*	< 0,15*	0,8	0,5	520	0,5	3,8	65,05	3,6
Úpské rašeliniště	$\bar{x}$	0,27	0,79	6,48	9,01	1 293	9,96	3,62	95,32	30,71
	max	0,55	2,15	20,05	37	3 430	31,55	11	245,65	86,8
	min	< 0,1*	< 0,15*	0,8	1,55	770	2,5	1	10,35	0,95
Jezerní slat	$\bar{x}$	0,076	0,54	3,13	5,66	2 030	31,08	5,66	63,18	35,87
	max	0,2	1,2	5,2	8,2	2 590	41,05	14,15	88,2	43,72
	min	< 0,1*	< 0,15*	1,6	2,65	1 665	25,8	1,95	46,5	23,45

\* pod detekčním limitem – below the detection limit

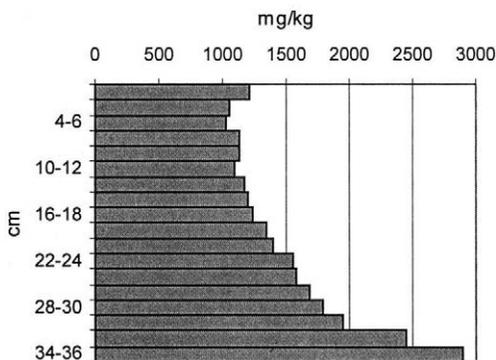
<sup>1</sup>peatbog, <sup>2</sup>value



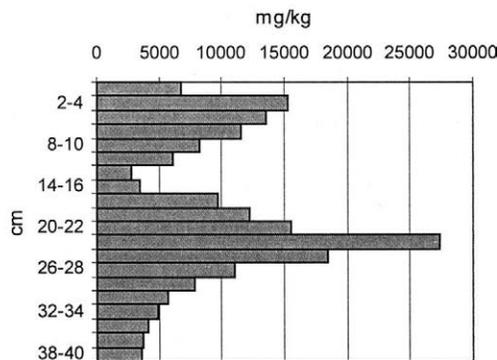
2. Distribuce Pb ve vertikálním profilu rašeliništěm Pančavská louka – Pb distribution in vertical profile from the peatbog of Pančavská louka



3. Distribuce Mn ve vertikálním profilu rašeliništěm Jezerní slať 1 – Mn distribution in vertical profile from the peatbog of Jezerní slať 1



4. Distribuce Fe ve vertikálním profilu rašeliništěm Jezerní slať 1 – Fe distribution in vertical profile from the peatbog of Jezerní slať 1



5. Distribuce Fe ve vertikálním profilu rašeliništěm Pod Jelení horou – Fe distribution in vertical profile from the peatbog of Pod Jelení horou

osa x: koncentrace – x axis: concentration  
osa y: hloubka – y axis: depth

## LITERATURA

- Damman A. W. H. (1978): Distribution and movement of elements in ombrotrophic peatbogs. *Oikos*, 30: 480–495.
- Havelka F. (1994): Rašeliniště jako indikátor zatížení prostředí atmosférickými imisemi. *Rostl. Výr.*, 40: 1153–1162.
- Jones J. M., Hao J. (1993): Ombrotrophic peatbog as a medium for historical monitoring of heavy metal pollution. *Envir. Geochem. Hlth*, 15: 67–74.
- Lee J. A., Tallis J. H. (1973): Regional and historical aspect of lead pollution in Britain. *Nature*, 245: 216–218.
- Livett E. A. (1988): Geochemical monitoring of atmospheric heavy metal pollution in Britain. *Adv. Ecol. Res.*, 18: 65–173.

- Mattson S., Koutler-Andersson E. (1955): Geochemistry of a raised bog. *Ann. R. Agric. Coll. Sweden*, 21: 321–366.
- Vile M. A. (1995): Historical rates of heavy metal deposition throughout the Czech Republic over the past 200 years as revealed in *Sphagnum* peat deposits and experimental evaluation of mobility of Pb in *Sphagnum* peat. Pennsylvania, MS Villanova Univ.
- Vile M. A., Novák M. J. V., Břizová E., Schell W. R. (1995): Historical rates of atmospheric Pb deposition using 210Pb dated peat cores: corroboration, computation, and interpretation. *Wat. Air Soil Pollut.*, 79: 89–106.
- Wieder R. K., Lang G. E. (1986): Fe, Al, Mn and S chemistry of *Sphagnum* peat in four peatlands with different metal and sulfur input. *Wat. Air Soil Pollut.*, 29: 309–320.

Došlo 5. 11. 1998

Kontaktní adresa:

Mgr. Vojtěch E t t l e r, Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2-Nové Město, Česká republika, tel: 02/21 95 21 86, fax: 02/29 14 25, e-mail: ettler@mail.natur.cuni.cz

# Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

## THE FUTURE OF RESEARCH IN PLANT NUTRITION

### PERSPEKTIVY VÝZKUMU VE VÝŽIVĚ ROSTLIN

*From the acceptance speech of prof. Dr. W. Werner from University of Bonn on the occasion of his award doctor honoris causa of the Czech University of Agriculture in Prague (May 18, 1998)*

*Slavnostní projev prof. Dr. W. Wernera z Univerzity v Bonnu přednesený při příležitosti udělení titulu doktor honoris causa České zemědělské univerzity v Praze (18. 5. 1998)*

Ladies and Gentleman,

The future importance of research in plant nutrition for sustainable plant production is intensively discussed for some years, in particularly in industrial countries. Let me try to give some answers in this concern. Research in plant nutrition is necessary for further extension of our knowledge in the field of basic science and, I think by far more in the field of applied plant nutrition, that means fertilization. Unfortunately, in developed countries there is no longer a social agreement on the importance of fertilization, above all on the use of chemical-synthetic mineral fertilizers. The picture of mineral fertilization produced in our media is very rarely an objective one. It is mostly a highly distorted picture. Unwanted side effects of fertilizer use are presented as a rule. In consequence, in public and political opinion very frequently the transition to a less intensive agriculture or even a total renunciation of synthetic fertilizers are requested as alternatives.

Actually, in today's discussions on fertilization sometimes it seems as if fertilizers in principle would be harmful. In contrast to this, the essential role of fertilizers for plant growth and yield is scarcely given special emphasis. Unfortunately, also scientists of many ecological disciplines, that have recently expanded at most universities outside the faculties of agriculture (i.e. landscape ecology, nature protection, soil and water protection), often have only limited information and knowledge on basic principles of agricultural plant production and the role of fertilization. So we should not be at all surprised, if university education in these disciplines is somewhat one-sided as far as fertilization and fertilizers are concerned.

What is the consequence? I would like to give you some examples:

- Some years ago in a popular-scientific journal there was a graphic showing the world wide development of fertilizer application since 1950. It was connected with the explanation, that the curves would demonstrate the dramatical increase of environmental pollutions with agrochemicals.
- In an official hearing about the draft of the German "soil protection law" there was a proposal to include

fertilizers into the list of soil-endangering substances.

- In the general meeting 1993 of the "German Soil Science Society" proposals were introduced to change the name of the Commission IV from "Soil Fertility and Plant Nutrition" into "Agroecology and Ecotoxicology". The main arguments for this proposal were that soil fertility as well as plant nutrition would be increasingly associated in the society's mind with "environmental pollution".

We simply have to focus on this situation, when we are concerned with the future role of plant nutrition and fertilization. We know, of course, that there are many cases with negative effects of improper fertilization practices to the environment, especially those connected with excessive use of manure in areas with high livestock densities. But this is not the rule. Inevitably all farming has some environmental impacts. Like in other production branches, so agricultural production is not possible without any emissions. But what is essential, is to reduce these emissions to an environment-tolerable level wherever this level is already. Research in soil fertility plant nutrition and fertilization in our developed countries should not be reduced because there is already surplus production with some crops.

In 2010 the world population will increase to more than 7 billion and in 2025 to almost 8.4 billion. Over 95% of the 90 million children added to the world population each year are born in the developing countries. How to provide all these additional people with a qualitatively and quantitatively adequate diet is one of the biggest challenges facing the international community, in particular the scientists. By 2010 food output will have to more than double, and by the year 2050 a further 50% increase in demand is likely.

There are two ways to increase agricultural output in general and food production in particular at levels than can satisfy this demand: expansion of agricultural land and intensification. Land reserves still exist but they are unevenly distributed. The most densely populated Asian countries, for instance, have only slight expansion possibilities. On the other hand, in many countries, the area of land suitable for the production of food,

fiber and energy is not only a limited resource, it is even steadily declining, caused by accelerated soil degradation and consumption of land for settlement, industries and infrastructure. Land expansion is often ecologically risky. When cultivation is intensified with the aid of fertilizers, new seed varieties, controlled irrigation, integrated plant protection, mechanization and intercropping the benefits of short term yield increase also have to be set against ecological risks. Excessive use of fertilizers and plant protection and overintensive mechanization may have unwanted effects on the environment. On balance, however, the potential of increasing yields through intensification and modernization, carried out in conformity with the ecosystem, outweighs the alternative of expanding acreage.

The challenges to food production posed by a rapidly growing world population and increasingly scarce natural resources are immense. This challenge is a global one. It needs an international consensus on how to meet future world's food needs while reducing poverty and protecting the environment. Meanwhile there is an agreement between scientists that new plant varieties by gene technology will play an important role in future food security in developing countries. As far as questions of plant nutrition are concerned, the relevant research goals of genetic engineering are *focused* on the development of plant varieties with better nutrient uptake efficiency and nutrient utilization efficiency, better partitioning of assimilates, that means a pronounced capacity to transmute high fertilizer inputs into high crop yields (rather than a growth of stems and leaves), a better *adaptability* to adverse soil conditions (water stress, salt stress, acid stress) and a better capacity for the acquisition of soil nutrients by biochemical or root-morphological strategies.

The realization of these aims, Ladies and Gentleman, needs interdisciplinary and integrated research approaches. Solutions are not readily available to meet this challenge. One reason is that in spite of the need for intensified research a significant reduction of research supports in the fields of soil fertility, plant nutrition and fertilizers has to be seen. This did not only happen at universities and public research institutes but unfortunately also in the fertilizer industry. Undoubtedly one can fully understand that fertilizer companies have to reduce costs in times of decreasing profits. But that cost reduction has included to a particular high degree of their research units and fertilization advisory services as well, as it has happened in Germany and other European countries, that was beyond my understanding. For me, that was cutting of roots vital for the future. The fertilizer industries, therefore, should not be at all surprised if future research on the role of fertilization in plant production and public opinion about this field, as well, would be increasingly influenced by one-sided researchers and advisers in the direction of alternative methods. Some of them consider fertilizer use *per se* to be the root of agriculture's environmental problems.

I think, that more investments will be necessary in science, research and technology that improve crop yields and reduce the degree of uncertainty of the consequences of agricultural production activity on the environment. The basic principle of sustainable land management is to increase plant production with technologies which make maximum use of solar energy, atmospheric carbon dioxide, water and soil nutrients and with side effects to the environment, that do not exceed tolerable levels. Fertilizer use, well adapted to crop's demand and site-specific conditions, will indispensable belong to these technologies also in future.

## 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 nesmí přesáhnout 12 strojopisných stran včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné použít jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

**Vlastní úprava rukopisu:** formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery. K rukopisu je třeba přiložit disketu s prací pořízenou na PC 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 obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

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

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

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

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

**Výsledky** – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

**Diskuse** obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostatecích 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** by měla sestávat hlavně z lektorovaných periodik. 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.

**Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.**

## 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 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 12 typescript pages, including tables, figures and graphs.

**Manuscript layout:** quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript. A PC diskette should be provided with the paper and graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

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

**Abstract** is an information selection of the subject 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 basic 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 section **References** should preferably contain reviewed periodicals. 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.

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, telephone and fax number or e-mail.

**The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.**

**OBSAH**

Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V.: Vliv podmínek prostředí a způsobu pěstování na obsah polyfenolů a kyseliny askorbové v hlízách brambor.....	293
Yang-Yuen P., Tlustoš P., Balík J., Vaněk V.: Vliv foliární aplikace hořčiku a dusíku na výživný stav ozimé řepky.....	299
Pospíšil M., Mustapić Z.: Vliv hustoty porostu a hnojení dusíkem na výnos a kvalitu osiva cukrovky.....	305
Hodík M., Rifai M. N., Táborský V.: Nechemická ochrana proti mandelince bramborové v porovnání s bioinsekticidem.....	311
Balík J., Černý J., Tlustoš P., Vaněk V.: Změny obsahu extrahovatelného organického dusíku a dusíku mikrobiální biomasy ve stacionárním pokuse s kukuřicí.....	317
Novák J.: Fytoocenologická analýza úhoru po samozatravnění.....	325
Ettler V., Mihaljevič M.: Distribuce vybraných stopových prvků v několika ombrotrofních rašeliništích českého masivu.....	331
<b>Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA</b>	
Werner W.: Perspektivy výzkumu ve výživě rostlin.....	335
Šindelářová M.: K životnímu jubileu akademika Karla Kudrny.....	310
<b>RECENZE</b>	
Gáborčík N.: Úloha druhov a kultivarov viacročných krmovín v procese deintenzifikácie výroby objemových krmív.....	304
Gáborčík N.: E. James: Root demographics and their efficiencies in sustainable agriculture, grasslands and forest ecosystems.....	324

**PLANT PRODUCTION****CONTENTS**

Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V.: Influence of environmental conditions and way of cultivation on the polyphenol and ascorbic acid content in potato tubers (in English).....	293
Yang-Yuen P., Tlustoš P., Balík J., Vaněk V.: Effects of magnesium and nitrogen foliar fertilisers on oilseed rape (in English).....	299
Pospíšil M., Mustapić Z.: Effect of stand density and nitrogen fertilization on the yield and quality of sugar beet seed (in English).....	305
Hodík M., Rifai M. N., Táborský V.: Physical control of Colorado potato beetle in comparison with bioinsecticide (in English).....	311
Balík J., Černý J., Tlustoš P., Vaněk V.: The changes of extractable organic nitrogen and nitrogen of microbial biomass at the long-term experiment with maize (in Czech).....	317
Novák J.: Phytocenological analysis of fallow after self-grassing (in Slovak).....	325
Ettler V., Mihaljevič M.: Distribution of trace elements in several ombrotrophic peatbogs in the Bohemian Massif (in Czech).....	331
<b>FROM THE SPHERE OF SCIENCE</b>	
Werner W.: The future of research in plant nutrition (in English).....	335