

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

# ROSTLINNÁ VÝROBA

## Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

3

VOLUME 41 (LXVIII)  
PRAHA  
BŘEZEN 1995  
CS ISSN 0370-663X

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

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

#### Redakční rada – Editorial Board

##### Předseda – Chairman

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

##### Členové – Members

Doc. ing. Pavol Bajči, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

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

Doc. ing. Jozef Ciglar, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

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

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

Ing. Norbert Gáborčík, CSc. (Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva, Banská Bystrica, SR)

Ing. Alois Chalupa, CSc. (AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, Šumperk, ČR)

Ing. Bohdan Juráni, CSc. (Univerzita Komenského, Bratislava, SR)

Prof. dr. Günter Kahnt (Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)

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

Ing. Ladislav Lorenčík, DrSc. (Oblastný výskumný ústav agroekológie, Michalovce, SR)

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

Ing. Timotej Miština, CSc. (Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, SR)

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

Ir. Cees van Ouwkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gn, Nederland)

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

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

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

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

Doc. ing. Miron Suškevič, DrSc. (Výzkumný ústav výživy zvířat, Odbor základní agrotechniky, Hrušovany u Brna, ČR)

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

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

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

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

Prof. dr. hab. Kazimiera Zawislak (Akademia Rolniczo-Techniczna, Olsztyn, Polska)

#### Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

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

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

**Periodicita:** Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 41 vychází v roce 1995.

**Přijímání rukopisů:** Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90. 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 1995 je 468 Kč.

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

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

**Periodicity:** The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 41 appearing in 1995.

**Acceptance of manuscripts:** Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90. 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 1995 is 118 USD (Europe), 123 USD (overseas).

# THE FATE OF LABELLED AMMONIUM NITRATE SPLIT-APPLIED TO WINTER WHEAT IN SPRING

## SLEDOVÁNÍ VLIVU DĚLENÝCH DÁVEK ZNAČENÉHO DUSIČNANU AMONNÉHO APLIKOVANÉHO K OZIMÉ PŠENICI NA JAŘE

H. Lippold, H. Mouchová

*Institute for Soil Science and Plant, Leipzig, BRD*

*Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic*

**ABSTRACT:** In three field microplot experiments performed on orthic luvisol soil the winter wheat was fertilized by 120 kg N/ha in ammonium nitrate to interrow space in the spring. The total dose was split-applied in three equal applications at the beginning of vegetative growth in spring, at the beginning of shooting and heading. Then the uptake of labelled fertilizer N and its recovery in plant and soil were traced in winter wheat milk and full ripeness. The labelled N uptake by winter wheat grain was the lowest from the first N split-applied, while in straw it was the lowest from the third one. The labelled N recovery in the winter wheat tops at full ripeness was found to be a lower for the first split-application, 36 to 39%, than from the following ones, when they were 47 to 54%. At full ripeness the total labelled N applied was recovered in winter wheat tops from 46 to 49%. The fertilizer N was the 32 to 39% in the total plant N at full ripeness. The residual fertilizer N in soil was found to be 35 to 44% of individual splits in the year 1990, and only 18 to 30% and as much as 44 to 49% in the years 1991 and 1992, resp., according to the amount of rainfall.

microplot experiments;  $^{15}\text{N}$ ; winter wheat; N split-application; N uptake; N in soil; fertilizer N balance

**ABSTRAKT:** Ve třech maloparcelkových polních pokusech na hnědozemi v Praze-Ruzyni byl v letech 1990 až 1992 pomocí  $^{15}\text{N}$  sledován vliv tří dělených dávek N aplikovaného na jaře na příjem N ozimou pšenicí. Parcelky byly vymezeny rámy o velikosti 50 x 50 cm, umístěnými na jaře do porostu ozimé pšenice, hnojené na podzim P a K hnojiv. Parcelkou byly ohraničeny čtyři řádky porostu. N ve formě roztoku dusičnanu amonného byl aplikován na povrch půdy do mezirádkového prostoru ve třech dávkách po 40 kg/ha, na začátku vegetace na jaře (A), na začátku sloupkování (B) a na začátku metání (C). Dusičnan amonný značený  $^{15}\text{N}$  v obou formách N byl použit vždy jen jako jedna z dělených dávek střídavě s dusičnanem amonným s přirozeným obohacením. Před hnojením byly odebrány vzorky rostlin a půdy do hloubky 60 cm z kontrolních ploch a z ploch hnojených stejnou dávkou N. Každá varianta  $^{15}\text{N}$  hnojení byla čtyřikrát opakována pro sklizeň pšenice v mléčné a plné zralosti. Nadzemní hmota pšenice byla rozdělena na klasy nebo zrno a slámu, půdní vzorky byly odebrány z vrstev 0 až 15 cm, 15 až 30 cm a 30 až 60 cm. V čerstvé zemině byl stanoven obsah minerálního N, v suché zemině a v rostlinách byl stanoven celkový N a izotopické obohacení. Zjistili jsme, že od doby prvního hnojení na jaře do doby sklizně v plné zralosti byla v roce 1990 suma srážek 148 mm, v roce 1991 265 mm a v roce 1992 180 mm. Celkové množství srážek a jejich rozložení se projevilo v obsahu minerálního N v půdě, mělo vliv na výnos zrna a slámy i na příjem N z půdy a hnojiva. V pokuse v roce 1990 zůstávalo v půdě vyšší množství minerálního N než v roce 1991. Výnos zrna a slámy byl však zjištěn v roce 1991 nejvyšší a v roce 1992 naopak nejnižší. V roce 1991 byl v N obsaženém v nadzemní hmotě pšenice zastoupen relativně více půdní N vzhledem k N z hnojiva (11,3 a 5,5 g/m<sup>2</sup>) než v dalších letech (9,9 a 8,9 g/m<sup>2</sup> v roce 1990 a 6,2 a 5,8 g/m<sup>2</sup> v roce 1992). Od doby mléčné do plné zralosti se v nadzemní hmotě pšenice zvýšilo množství N o přibližně 3 g/m<sup>2</sup> v roce 1990, o 1 g/m<sup>2</sup> v roce 1991 a o 2 g/m<sup>2</sup> v roce 1992, a to zhruba stejně z obou zdrojů N. Při sledování příjmu N z jednotlivých dávek N bylo zjištěno, že v zrnu bylo průkazně nejméně N přijato z první aplikované dávky, zatímco ve slámě ze třetí dělené dávky. Procento N z hnojiva v celkovém N ozimé pšenice v plné zralosti se od první do třetí dávky zvyšovalo z 10 na 15 % v roce 1990 a 1992 a z 9 na 12 % v roce 1991, ve slámě v závislosti na ročníku kolísalo mezi 6 a 12 %. V našich pokusech byla první aplikovaná dávka využita rostlinou z 36 až 39 %, další dávky z 47 až 54 %. Využití celkově dodaného N se mezi období mléčné a plné zralosti zvýšilo z 41 na 48 %. Ve vrchní vrstvě půdy (0 až 15 cm) zůstalo 33 až 44 % z dávek N v roce 1990, v roce 1991 jen 18 až 30 % a 44 až 49 % v roce 1992. Zjistili jsme, že N dodaný v dělené dávce 120 kg/ha na jaře byl zrnem a slámou ozimé pšenice v době plné zralosti využit z 46 až 49 % a že N obsažený v rostlině pocházel z 32 až 39 % z dodaného dusičnanu amonného.

maloparcelkové pokusy;  $^{15}\text{N}$ ; ozimá pšenice; dělená aplikace N; příjem N; N v půdě; balance N hnojiva

## INTRODUCTION

The efficiency of N applied to winter wheat is influenced by the interaction between factors, such as a type of soil, climate conditions, as well as the dose, the time and the way of N fertilizer application. In addition, the N uptake by plant and the fertilizer recovery are affected by local agricultural practice and weather conditions in the year. The use of  $^{15}\text{N}$  labelled fertilizers makes possible a determination of source of N taken up by plant and the amount of residual fertilizer N in soil under given field conditions and the schedule of fertilization.

In our previous experiments an attention was paid to the dynamics of N uptake by the winter wheat crop receiving three split doses of N in spring and harvested six or eight weeks following the application of each dose (Mouchová, Lippold, 1994). This study is aimed at the finding relative uptake of each of three split doses of N applied to winter wheat till its milk and full ripeness. The results of three year microplot experiments from 1990, 1991 and 1992 are presented herein.

## MATERIAL AND METHODS

Microplot experiments were carried out on the orthic luvisols in the field of the Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, in the spring of the years 1990, 1991 and 1992. Microplots (sized 50 x 50 cm) were situated inside the field with winter wheat (cv. Regina). They included four machine planted rows of plants. The doses of 45 kg P and 60 kg K/ha were applied before sowing in autumn, the N fertilization was done in spring. The dose of 120 kg N/ha was applied as ammonium nitrate solution to the interrow space of soil in three splits of 40 kg N, at the beginning of vegetation period in spring, at the beginning of

shooting and heading, marked with symbols A, B, C, resp. Both double labelled (10%  $^{15}\text{N}$ ) and non-labelled ammonium nitrate solutions were applied alternatively in this way:  $^{15}\text{N-N-N}$  for A,  $\text{N-}^{15}\text{N-N}$  for B and  $\text{N-N-}^{15}\text{N}$  for C treatment. Each treatment had four replications for the harvest of winter wheat at milk ripeness and another four ones for that at full ripeness. Before each of N applications the plant and soil from control (no-N) and extra N microplots (no- $^{15}\text{N}$ ) were sampled.

The plants, above ground with a part of roots, were harvested manually, divided into ears, straw and roots, and dried at 65 °C. The soil was sampled from 0 to 15 cm, 15 to 30 cm and 30 to 60 cm depths and the weights of soil per microplot of two upper layers were determined. The fresh soil was analyzed for mineral N content in 1% kalium sulphate extract by means of  $\text{NH}_3$  gas and nitrate ion selective electrodes. Then the soil was dried at 20 °C in a thin layer for N total analyses. With exception of the first experiment the soil samples were taken up only at milk ripeness of winter wheat.

Plant and soil samples were analyzed for N and  $^{15}\text{N}$  content by emission spectrometric equipment at the Institute of Fertilization Research, Leipzig, Germany (Matzel, Lippold, 1990).

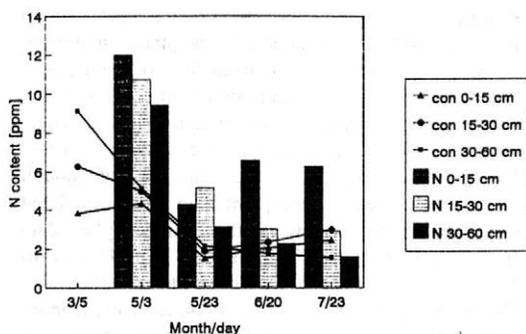
## RESULTS AND DISCUSSION

The topical ammonium and nitrate content in the fresh soil before the N fertilization to the winter wheat is demonstrated in Figs 1 to 3 for the years 1990, 1991 and 1992, resp. The first three data indicate the time of N applications, the others are the data of harvests in milk or full ripeness. The sum of rainfall within 10-day interval, as well as soil temperature in the 20 cm depth under winter wheat are included. The mineral N content in the soil layers of 0 to 15 cm, 15 to 30 cm and 30 to 60 cm in the treatment without N fertilizer addi-

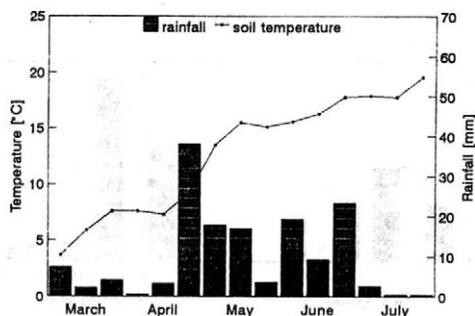
I. The average yield and the N uptake by winter wheat fertilized with 3 x 40 kg N/ha in spring in its milk (I) and full (II) ripeness

Year	Harvest	Part of plant	Weight of dry matter ( $\text{g/m}^2$ )		N content in plant ( $\text{g/m}^2$ )		
			control	N variant	N variant		
					soil N	soil N	$^{15}\text{N}$
1990	I	ears	446	677	4.28	4.16	2.72
		straw	1 317	1 302	4.22	4.04	2.02
1990	II	grain	661	883	8.10	7.64	5.18
		straw <sup>+</sup>	936	1 078	1.72	1.28	1.06
1991	I	ears	616	959	6.58	8.33	4.01
		straw	693	978	2.15	2.52	1.06
1991	II	grain	739	959	9.90	9.28	4.59
		straw <sup>+</sup>	940	1 061	2.76	2.04	0.88
1992	I	ears	304	489	4.13	5.01	3.47
		straw	619	826	2.65	2.87	1.42
1992	II	grain	388	772	5.00	7.47	4.78
		straw <sup>+</sup>	447	757	1.40	1.45	1.12

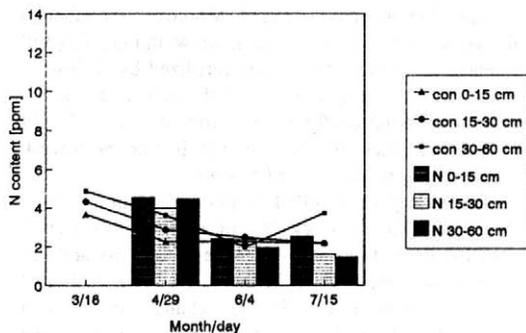
<sup>+</sup> straw and chaff



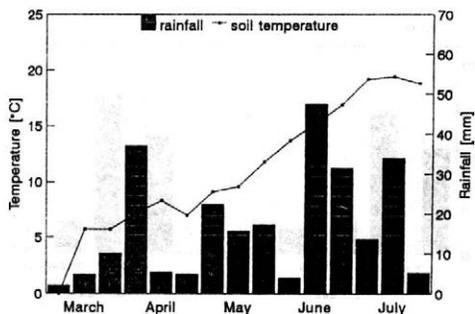
1a. Mineral N content in soil (1990)



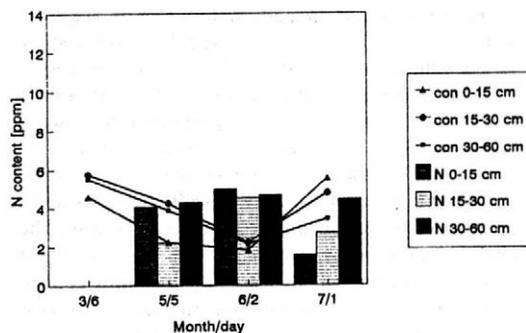
1b. The sum of rainfall and average soil temperature in 20 cm depth within 10-day intervals



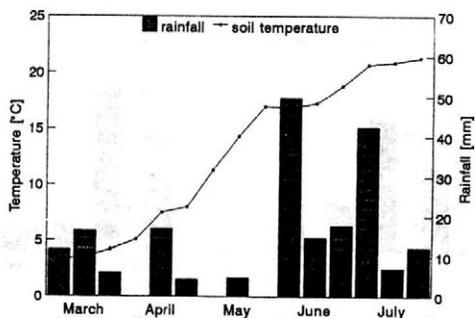
2a. Mineral N content in soil (1991)



2b. The sum of rainfall and average soil temperature in 20 cm depth within 10-day intervals



3a. Mineral N content in soil (1992)

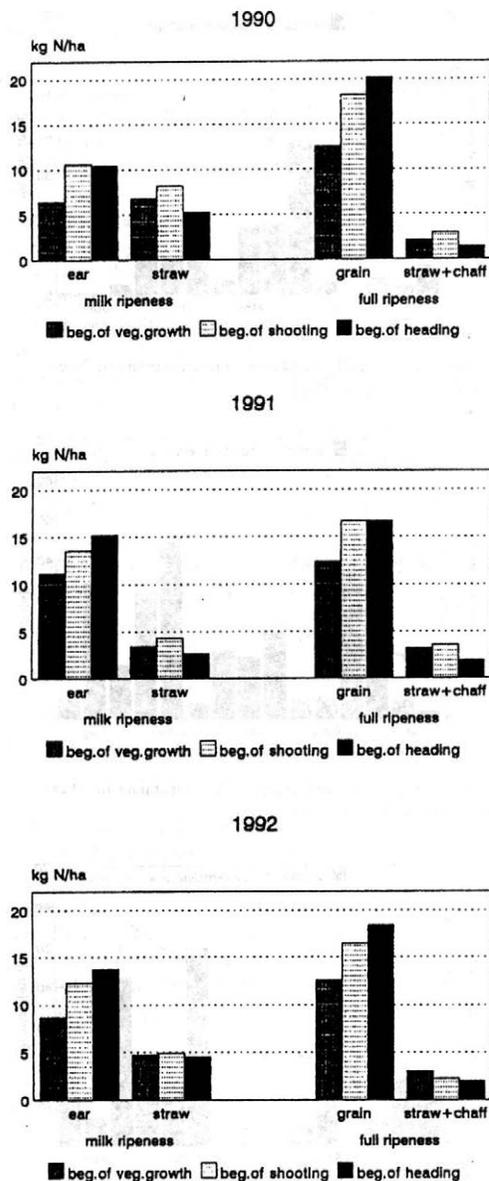


3b. The sum of rainfall and average soil temperature in 20 cm depth within 10-day intervals

tion (control) is represented by linked points and by means of columns for N treatment. A higher soil temperatures in the 20 cm depth in February 1990 (2 to 4 °C) might influence a higher soil mineral N supply in the spring before the first N dose addition, if compared with those -1 to -2 °C in February 1991. The sum of precipitation in period from the first N application to the harvest at full ripeness was found to be 148 mm, 265 mm and 180 mm, in the years 1990, 1991 and 1992, resp. These weather conditions are reflected,

e.g., in a higher mineral N content in upper layers during the period of 1990, in a lower one in the rainy year 1991 and by the increase in this content with the depth of soil due to heavy rainfall in June and July 1992.

The yields of winter wheat green ears or grain and straw in treatments without N or with 3 times of 40 kg N additions as well as soil and total fertilizer N uptakes by them were set out in Tab. I. Both the control and N variant plants, the highest yields of grain and straw were found in the year 1991, while the lowest ones in



4. Labelled fertilizer N content in the winter wheat at 3 x 40 kg N/ha split-applied in spring

1992. The highest soil N uptake by fertilized plants in their full ripeness and, at the same time, the lowest total fertilizer N uptake were found in our experiments in the year 1991 (11.3 against 5.5 g/m<sup>2</sup>), while a lower soil and a higher fertilizer N uptake were found in 1990 and 1992, resp. (9.9 and 8.9 g/m<sup>2</sup> against 6.2 and 5.8 g/m<sup>2</sup>). As the change in the total N content in winter wheat tops between the time of milk and full ripeness is concerned, it was the highest in the year 1990

(3 g/m<sup>2</sup>, approx.), lower in 1992 (about 2 g/m<sup>2</sup>) and the lowest in 1991 (1 g/m<sup>2</sup>, approx.). The plants were taken up nearly the same amount from the both sources in that period. When only soil N uptake is concerned, the control plants taken up less soil N than fertilized plants, mostly, with the smallest difference in the year 1990. But we have noticed, that our data are not enough equivalent as the control plant data were calculated from two replications, while the fertilized plant data from four replications. Matzel, Lippold (1990) found a lower soil uptake by winter wheat applied with 80 and 60 kg N at tillering and shooting, resp., than by control plants, when other soil type and N doses were used in experiment.

The changes in the labelled fertilizer N distribution within winter wheat top between the milk and full ripeness are demonstrated in Fig. 4. Moreover, the labelled fertilizer N uptake by the grain, straw and chaff at full ripeness of winter wheat being fertilized by N dose of 3 x 40 kg/ha is summarized in Tab. II. This uptake by grain was significantly lowest from the first N split and, in the straw, on the contrary, it was the lowest, significantly, from the third N split.

The values of labelled N derived from fertilizer (Ndff) and the recovery (%) of labelled fertilizer N added in three doses at 40 kg N/ha in the milk and full ripeness of winter wheat in the years 1990, 1991 and 1992 are set up in Tab. III. The changes in the Ndff values show the deal of labelled N in the total N uptake by plant at the definite split schedule. It follows from our experiments, that the Ndff values in grain increased from the first to the third dose from 10 to 15% at full ripeness in 1990 and similarly from 9 to 12% and from 10 to 15% in 1991 and 1992, but the Ndff values in straw varied within 6 to 12%, 10 to 12% and 8 to 11%, resp.

In our experiments, the recovery of the first N dose (A) in winter wheat tops in full ripeness was the lowest, it reached 36 to 39%, when compared with that the second one (B) and third (C) dose where the recovery amounted to 47 to 54% of each N split. The roots taken up at harvests contained 1 to 3% of each N dose. The total percentage recovery of fertilizer N in winter wheat tops increased from 40 to 48% of the total dose applied within period of the milk and full ripeness in the year 1990, and from 41 to 46% in the following years.

The amount of residual fertilizer N (as total N) in the upper soil layer (0 to 15 cm) under winter wheat at milk ripeness ranged from 33 to 44% of the single doses in the year 1990, it was only 18 to 30% in 1991 and as much as 44 to 49% in 1992. In the soil layer of 15 to 30 cm the appreciable amount of fertilizer N, 8 to 13% of each dose, was detected only in 1990, while negligible amount of that in the next two years. However, in our previous experiments with the same time and N dose application schedule the highest amount of fertilizer N in soil from the first dose applied and the lowest from the third one was found when winter wheat was harvested sooner, eight or six weeks following N dose application (Mouchová, Lippold, 1994).

II. Labelled fertilizer N uptake by winter wheat dressed by 3 x 40 kg N/ha at the beginning of vegetation period (A), shooting (B) and heading (C) at full ripeness

Year	Time	Grain		Straw		Chaff	
		kg N/ha	SD	kg N/ha	SD	kg N/ha	SD
1990	A	12.5	0.8	1.4	0.3	0.7	0.2
	B	18.2	0.7	1.9	0.2	1.1	0.1
	C	20.2	1.5	0.9	0.1	0.5	0.1
		B, C >> A C > B		A, B >> C B > A		B >> A, C A >> C	
1991	A	12.4	0.4	2.6	0.2	0.6	0.1
	B	16.7	0.6	2.8	0.1	0.8	0.0
	C	16.7	0.8	1.4	0.2	0.5	0.0
		B, C >> A		A, B >> C		B >> A, C A > C	
1992	A	12.6	0.4	2.3	0.1	0.7	0.1
	B	16.5	0.6	1.8	0.2	0.5	0.1
	C	18.4	0.7	1.5	0.1	0.5	0.0
		C >> B, A B >> A		A >> B, C B > C		A >> B, C	

Values relating to A, B or C term of N fertilizer application are significantly different at the 0.05 { > } or the 0.01 { >> } probability level

III. The labelled N derived from fertilizer (Ndff) in the winter wheat top and the percentage recovery of labelled N added in three doses of 40 kg N at the beginning of vegetation period in spring (A), at the beginning of shooting (B) and heading (C), at milk (I) and full (II) ripeness

Year	Split	Ndff (%)				Recovery of <sup>15</sup> N dose		
		green ears		straw		plant tops		soil (0-15 cm)
		grain <sup>+</sup>		straw <sup>+</sup>				
		I	II	I	II	I	II	I
1990	A	11	10 <sup>+</sup>	11	10 <sup>+</sup>	33	36	35
	B	14	15	13	12	47	53	33
	C	14	15	9	6	39	54	33
1991	A	9	9 <sup>+</sup>	10	12	37	39	30
	B	12	12	13	11	45	51	18
	C	11	12	7	10	45	47	24
1992	A	11 <sup>+</sup>	10 <sup>+</sup>	12 <sup>+</sup>	11 <sup>+</sup>	33	39	44
	B	14	13	11	9	43	47	44
	C	16	15	10	8	46	51	49

<sup>+</sup> straw and chaff

The plant and soil fertilizer N recovery was lower in 1990 and 1992, 68 and 77%, resp., as the first N dose is concerned, when compared with N splits applied later (80 to 95%). In the year 1991 less fertilizer N was recovered, it ranged from 63 to 69%, since the amount of residual fertilizer N in soil was considerably lower.

Similar trends with a little higher figures of Ndff values in winter wheat grain and straw were found for nearly the same dose and time schedule (3 x 45 kg N), but the higher ones were stated at higher doses applied (75 kg N) as the Ndff value is positively influenced by the amount of fertilizer applied (Cleemput, Baert, 1984; Destain et al., 1989a). Powelson (1988) summarized the recovery of fertilizer N in win-

ter wheat top being applied with labelled ammonium nitrate in spring. The results from 46 to 71% were stated. They varied with the N dose (114 to 194 kg N), the year and soil classes, while the recovery of fertilizer N in topsoil (0 to 23 cm) remained at 16 to 20%. The lower recovery of the first split in plant may be influenced by several factors including a temporal lower plant uptake, denitrification, which may be more important for the earliest application (Cleemput, Baert, 1984) or may be explained by apparent added N interaction feature. This process of the displacement of N from a pool of native unlabelled soil N by a labelled N addition may occur especially at an early stage of N uptake (Jenkinson et al., 1985).

We found out the total fertilizer N recovery by winter wheat tops at full ripeness to be 46 to 48% of the dose of 120 kg N applied in three splits of 40 kg N in spring. About 33 to 39% of N in winter wheat top came from ammonium nitrate applied that way. Our recovery data are on the lower range as summarized by Powelson (1988), our Ndff data agree with those reported by Destain et al. (1989b) for the similar time and N dose application schedule.

## REFERENCES

CLEEMPUT, O. VAN – BAERT, L.: The fate of labelled fertilizer nitrogen split-applied to winter wheat on a clay soil. *Pedologie*, 34, 1984: 291–300.  
DESTAIN, J. P. – GUIOT, J. – FRANCOIS, E. – RIGA, A.: Fertilizer nitrogen budgets of two doses of  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  dressings split-applied to winter wheat in microplots on a loam soil. *Pl. and Soil*, 117, 1989a: 177–183.

DESTAIN, J. P. – ROISIN, C. – GUIOT, J. – FRANKINET, M. – RAIMOND, Y. – FRANCOIS, E.: Effect of differing methods of cultivation on uptake of soil mineral nitrogen and split-applied labelled fertilizer nitrogen by winter wheat. *Soil Sci.*, 147, 1989b: 371–377.

JENKINSON, D. S. – FOX, R. H. – RAYNER, J. H.: Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen – the so-called „priming“ effect. *J. Soil Sci.*, 36, 1985: 425–444.

MATZEL, W. – LIPPOLD, H.: N application to winter wheat at tillering and shooting: N balance at different growth stages. *Fertil. Res.*, 26, 1990: 139–144.

MOUCHOVÁ, H. – LIPPOLD, H.: Environmental balance of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizer nitrogen applied to winter wheat in spring. *Arch. Acker- Pfl.-Bau Bodenkd.*, 38, 1994: 83–88.

POWLSON, D. S.: Measuring and minimizing losses of fertilizer nitrogen in arable agriculture. In: JENKINSON, D. S. – SMITH, K. A. (eds): *Nitrogen efficiency in agricultural soils*. London, New York, Appl. Sci. Elsevier 1988(5): 231–245.

Received on July 28, 1994

---

### Contact Address:

Ing. Hana Mouchová, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

---

# VLIV DLOUHODOBÉHO HNOJENÍ NA OBSAH MINERÁLNÍHO DUSÍKU V PŮDĚ

## THE EFFECT OF LONG-TERM FERTILIZATION ON THE CONTENT OF MINERAL NITROGEN IN SOIL

J. Petr<sup>1</sup>, V. Vaněk<sup>2</sup>, J. Procházka<sup>2</sup>, J. Najmanová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Control and Testing Institute for Agriculture, Testing Station, Lípa, Czech Republic

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

**ABSTRACT:** The content of soil mineral N (N min.) in early spring and after the harvest of crops (beginning of September) was studied in two sites at Lípa and Svitavy in the years 1991 to 1993 in long-term stationary treatment trials. In both sites, at Lípa since 1974 and Svitavy since 1980, 12 treatments of fertilization have been included in trials. Trials were arranged in eight-plot crop rotation with 50% cereals, 25% forage and 25% root crops. The rotation of crops was identical in both sites and the following crops were cultivated in the years under observations: 1991 – red clover, 1992 – winter wheat, 1993 – potatoes followed by winter wheat. Nitrate and ammonium N were determined from freshly taken soil samples in extract of 1% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> by ion selective electrodes. High content of mineral N was found in 1991 in the spring in the clover stand (20.7 to 40.1 ppm N), but also in autumn after incorporation of clover (20.7 to 30.1 ppm). Most of determined mineral N was in ammonium form. Marked increase in mineral N was found in autumn in the year 1993 in treatments fertilized by gradated doses of NPK in combination with manure (applied in autumn of 1992). Gradated fertilization of P and K did not affect more significantly the content of mineral N. Positive correlation between mineral N content and wheat yield was found. This relationship was not confirmed in potatoes. Positive correlation between mineral N content was determined, in the spring and uptake of N by wheat and in potatoes in the autumn.

long-term fertilization; mineral N; crop rotation

**ABSTRAKT:** Na dvou stanovištích Lípa a Svitavy byl v dlouhodobých stacionárních pokusech sledován obsah minerálního N (N min.) v podzimním a jarním období. Vysoký obsah N min. byl zjištěn v roce 1991 v jarním období v porostu jetele (24,9 až 40,1 ppm N), ale i na podzim po zaořávce jetele (20,7 až 30,1 ppm N) a dále v podzimním období v roce 1993 u variant hnojených v roce 1992 hnojem a stupňovanými dávkami NPK. Stupňované hnojení P a K výrazněji neovlivnilo obsah N min. Byla zjištěna kladná korelace mezi obsahem N min. a výnosem pšenice. Tyto vztahy nebyly potvrzeny u brambor. Byla zjištěna kladná korelace mezi obsahem N min. v jarním období a odběrem N pšenicí a u brambor v podzimním období.

dlouhodobé hnojení; minerální N; sled plodin

### ÚVOD

Pokusy s hnojivý s <sup>15</sup>N neustále upřesňují využití N hnojiv rostlinami a jeho celkovou bilanci v systému hnojivo – půda – rostlina. Přitom se ukazuje, že větší část výnosu plodin, a tím i odběru N, je tvořena půdním N. Leitland (1981) uvádí, že půdní N tvoří 33 až 70 % exportovaného N z půdy. Vaněk et al. (1989a) v tříletých pokusech zjistili, že odběr N ozimou pšenicí na úrodné hnědozemí tvořilo 70 % půdního N a 30 % N hnojiva. Je proto pochopitelné, že otázkám půdního

N musí být věnována náležitá pozornost s ohledem na ekonomiku rostlinné výroby i možné dopady na životní prostředí.

Sledování obsahu minerálního N (N min.) v půdách a případnému využití těchto údajů pro praktické hnojení bylo věnováno hodně pozornosti (Vaněk, 1977; Bízík, 1983; Wehrmann, Scharph, 1986; Fecenko et al., 1989; Kubíková, 1991; Ložek et al., 1991; Binford et al., 1992 aj.). Většina autorů poukazuje na svoje kladné výsledky, ale také na poznatky, které nevedly k jednoznačným závěrům. Při ne-

Varianta <sup>1</sup>	Označení <sup>2</sup>	Vápnění podle potřeby <sup>3</sup>	Hnůj <sup>4</sup>	Dávky v průmyslových hnojivech <sup>5</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	
				P	K
1	0	-	-	-	-
2	Hn	+	+	-	-
3	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	+	+	13,2	33,2
4	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	+	+	26,4	66,4
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	+	+	52,6	132,8
6	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub> -Ca	-	+	52,6	132,8

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>marking, <sup>3</sup>sweetening as needed, <sup>4</sup>manure, <sup>5</sup>doses in fertilizers

stabilitnosti hydrotermických podmínek dochází totiž nejen ke značným změnám v obsahu N min. v půdě, ale je ovlivňován i průběh mineralizace.

V předloženém příspěvku je hodnocen obsah N min. na dvou stanovištích stacionárního dlouhodobého hnojařského pokusu.

## MATERIÁL A METODA

Sledování obsahu N min. v půdách bylo uskutečněno na dvou stanovištích dlouhodobých stacionárních pokusů SKZÚZ, a to v Lípě a ve Svitavách. Na obou stanovištích (v Lípě od roku 1974 a ve Svitavách od roku 1980) bylo používáno diferencované hnojení. Pokusy byly organizovány v osmihodinném osevním postupu s 50% zastoupením obilnin.

Sled plodin byl na obou stanovištích stejný. V hodnoceném období 1991 až jaro 1994 byly pěstovány tyto plodiny: 1991 – jetel červený, 1992 – ozimá pšenice, 1993 – brambory, po nichž následovala ozimá pšenice. Hodnocené varianty hnojení uvádí tab. I.

Dále při druhé hladině N<sub>2</sub>P<sub>2</sub> byly zařazeny stupňované dávky K (varianty N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>0</sub>, N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>1</sub> a N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>3</sub>). Podobně byla stupňována i dávka P při hladině N<sub>2</sub>K<sub>2</sub>, takže v celém pokuse bylo sledováno 12 variant hnojení v šesti opakováních. P byl aplikován v superfosfátu a K v draselné soli. Dávky N pro pšenici činily: N<sub>1</sub> = 70, N<sub>2</sub> = 105 a N<sub>3</sub> = 140 kg N.ha<sup>-1</sup>, pro brambory N<sub>1</sub> = 80, N<sub>2</sub> = 120 a N<sub>3</sub> = 160 kg N.ha<sup>-1</sup>. Hnůj byl aplikován pod brambory v dávce 40 t.ha<sup>-1</sup> v Lípě 29. 10. 1992 a ve Svitavách 13. 10. 1992. Poslední vápnění (v tab. II až IV) bylo uskutečněno v Lípě 28. 8. 1991 v dávce 1,44 t CaO.ha<sup>-1</sup> a ve Svitavách 14. 9. 1991 v průměrné dávce 3,24 t CaO.ha<sup>-1</sup>. Obě stanoviště se nacházejí v bramborařském výrobním typu a jejich základní charakteristika je:

Stanoviště	Půdní typ	Půdní druh	Průměrné srážky (mm)	Průměrná teplota (°C)	Nadmořská výška (m)
Lípa	hnědá půda oglejená	phl	632	7,7	505
Svitavy	hnědozem	phl	624	6,4	450

Půdní vzorky byly odebírány z vrstvy 0 až 30 cm v předjaří (nejčastěji začátkem března) a po sklizni

plodin (většinou začátkem září). N min. byl stanoven z čerstvě odebraného vzorku zeminy, výsledky byly přepočteny a jsou uváděny v ppm N sušiny zeminy. Dusičnanový i amonný N byl stanoven ve výluhu 1% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> iontově selektivními elektrodami, od roku 1994 kolorimetricky na přístroji SKALAR. V odebraných vzorcích po jejich vysušení při 40 °C byly stanoveny i další hodnoty, např. mineralizovatelný N, N org., tyto výsledky však nejsou v předloženém příspěvku hodnoceny.

Pro posouzení vztahů mezi analytickými hodnotami a výnosem plodin a odběrem N plodinami bylo využito statistické hodnocení lineární regrese.

## VÝSLEDKY

Dosažené výsledky jsou uvedeny v tab. II až IV a na obr. 1. V roce 1991 byl na obou stanovištích v jarním období stanoven nejvyšší obsah N min., který přesahoval 30 ppm. Na stanovišti Lípa byly nejvyšší hodnoty stanoveny u nehnojené varianty a u varianty hnojené jen hnojem. Ve Svitavách byly vyšší hodnoty zjištěny v půdách variant hnojených stupňovanými dávkami NPK, proto byl také na tomto stanovišti vypočten statisticky významný kladný korelační koeficient závislosti mezi obsahem N min. v půdě a NPK hnojením. Na obou stanovištích převažoval v tomto období amonný N. Při druhém odběru, tedy po zaorávce jetele, byly zjištěny nižší obsahy N min. a mezi jednotlivými variantami nebyly tak výrazné rozdíly. Na stanovišti v Lípě byl vyšší obsah nitrátového N. Obsah N min. v podzimním období 1991 byl zřejmě pro ozimou pšenici dostatečný.

V roce 1992, kdy byla pokusnou plodinou ozimá pšenice, byly zjištěny na obou pokusných stanovištích poměrně nízké hodnoty N min. (od 10,3 do 16,4 ppm) s jednoznačným trendem vyššího obsahu na variantách hnojených NPK. Po sklizni pšenice byly v Lípě na kombinacích minerálně nehnojených obsahy N min. okolo 14 ppm. Se stupňovaným minerálním hnojením byl zjištěn nárůst obsahu N min., a to i u varianty 6 bez vápnění. Těsnost vztahu potvrzuje i vysoký kladný korelační koeficient. Na stanovišti ve Svitavách byly

II. Závislost mezi NPK hnojením a obsahem N min. v půdě – Dependence between NPK fertilization and N min. content in soil

Rok <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
1991	jaro <sup>4</sup>	-0,4646	0,7350 <sup>x</sup>
	podzim <sup>5</sup>	0,7882 <sup>x</sup>	0,8561 <sup>x</sup>
1992	jaro	0,8958 <sup>x</sup>	0,8792 <sup>x</sup>
	podzim	0,9668 <sup>x</sup>	-0,8316
1993	jaro	-0,8558	-0,5952
	podzim	0,9319 <sup>x</sup>	0,9916 <sup>x</sup>

<sup>1</sup>year, <sup>2</sup>season, <sup>3</sup>correlation coefficient, <sup>4</sup>spring, <sup>5</sup>autumn

III. Závislost mezi obsahem N min. v půdě a výnosem plodin – Dependence between N min. in soil and crop yield

Plodina <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
Pšenice <sup>6</sup> (1992)	podzim <sup>5</sup>	0,8467 <sup>x</sup>	0,9785 <sup>x</sup>
	jaro <sup>4</sup>	0,6921 <sup>x</sup>	0,9432 <sup>x</sup>
Brambory <sup>7</sup> (1993)	podzim	0,6424 <sup>x</sup>	-0,9597
	jaro	-0,9989	-0,4313

<sup>1</sup>crop, for 2–5 see Tab. II, <sup>6</sup>wheat, <sup>7</sup>potatoes

IV. Závislost mezi obsahem N min. v půdě a odběrem N sklizně – Dependence between N min. content in soil and N uptake by harvest

Plodina <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
Pšenice <sup>6</sup> (1992)	podzim <sup>5</sup>	0,4455	-0,6181
	jaro <sup>4</sup>	0,8737 <sup>x</sup>	0,7278 <sup>x</sup>
Brambory <sup>7</sup> (1993)	podzim	0,6823 <sup>x</sup>	0,6477 <sup>x</sup>
	jaro	-0,8119	-0,5109

For 1, 6, 7, see Tab. III, for 2–5 see Tab. II

v podzimním termínu zjištěny vyšší obsahy N min. na kombinacích minerálně nehnojených (varianty 1 a 2), a to okolo 19 ppm. Se stupňovanými dávkami NPK došlo k poklesu N min.

V roce 1993 byl v jarním období na obou stanovištích zjištěn nízký obsah N min. Je tedy zřejmé, že podzimní zaorávka hnoje se nijak výrazně neprojevila na změnách v obsahu N min. V kombinaci s minerálním hnojením došlo ke snížení obsahu N min., což také dokresluje záporné korelační koeficienty. Po sklizni brambor v Lípě byly zjištěny poměrně vyrovnané obsahy N min. na minerálně nehnojených variantách. S vyšší dávkou NPK narůstal velmi výrazně obsah N min. Na stanovišti Svitavy byl zjištěn obdobný trend, ale ne tak výrazný. Stanovené obsahy N min. v Lípě byly vysoké (až 80 ppm). Ukázalo se, že uvolňování N min. z organického hnojení bylo poměrně pozvolné, zvláště bez vápnění (varianta 6), a proto koncem vegetace byl poměrně vysoký obsah N min. Tím byl také zajištěn vysoký obsah N min. pro následnou plodinu (ozimá pšenice).

V jarním období roku 1994 byl na obou stanovištích zjištěn nízký obsah N min. Stupňované dávky P se výrazněji neprojevily na obsahu N min. v půdě. Podobně tomu bylo i u variant se stupňovanými dávkami K.

V tab. III jsou uvedeny korelační koeficienty závislosti mezi zjištěným obsahem N min. v půdě a výnosem plodin. Jednoznačně se ukázalo, že u pšenice byla na obou stanovištích vypočtena statisticky pozitivní a průkazná korelace, zatímco u brambor byl pozitivní vztah zjištěn jen na stanovišti Lípa v podzimním období. Jednoznačně kladná korelace mezi obsahem N min. v půdě a odběrem N sklizně byla u pšenice zjištěna v jarním období a u brambor naopak na podzim.

DISKUSE

Dosažené výsledky dokumentují složitost hledání vztahu mezi obsahem N min. v půdě a využitím těchto údajů pro praktická hnojařská opatření a potvrzují zároveň nutnost systémového a dlouhodobého sledování těchto vztahů i s ostatními formami N v půdě (Břízka, 1989; Vaněk et al., 1989b).

Jednoznačně pozitivně a vyrovnaně působil na zvýšení obsahu N min. v půdě porost jetele. I po jeho zaorávce bylo zřejmé, že následná plodina měla k dispozici pro počátek vegetace dostatek N. Výrazné pozitivní působení jetele dokumentovaly i varianty minerálně nehnojené.

Zajímavé výsledky poskytlo hnojení hnojem. Samotná aplikace hnoje (varianta 2) nezvýšila výrazněji obsah N min. – hodnoty byly na úrovni kontroly (varianta 1). Teprve varianty se současnou aplikací hnoje a NPK hnojiv vykazovaly výraznější rozdíly v obsahu N min. Po aplikaci hnoje (podzim 1992) byl v jarním období 1993 zjištěn nižší obsah N min., což ukázalo spíše na trend imobilizačního vlivu, a teprve po sklizni brambor byl zjištěn podstatně vyšší obsah N min., zvláště na stanovišti Lípa. Svědčí to také o pozvolnější mineralizaci na obou stanovištích.

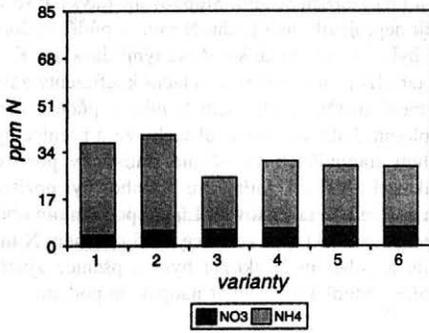
Dlouhodobá absence vápnění (varianta 6) ukázala na trend omezení mineralizace, a proto byly v určitých obdobích nalezeny nižší obsahy N min., a naopak prodleva mineralizace se promítla ve vyšším obsahu N min. koncem vegetace. Tyto výsledky jsou plně ve shodě s poznatky o kladném vlivu vápnění na mineralizační pochody v půdách (Vaněk, 1973).

Stanovištní podmínky se promítly do obsahu N min. Na pozemcích v Lípě byly většinou zjištěny vyšší obsahy N min. a také vyšší obsah nitrátového N.

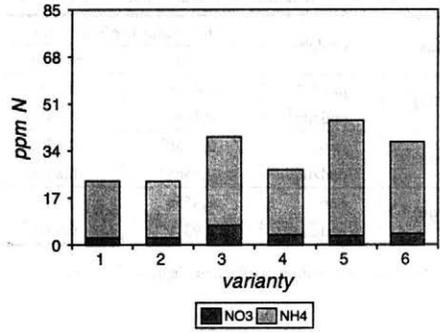
Poděkování

Autoři děkují všem spolupracovníkům SKZÚZ, oddělení agrochemie, půdy a výživy rostlin v Havlíčkově Brodě, dále ze zkušebních stanic Lípa a Svitavy za všestrannou pomoc při řešení tohoto úkolu.

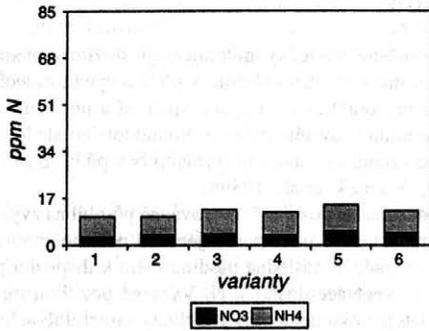
14.3.1991



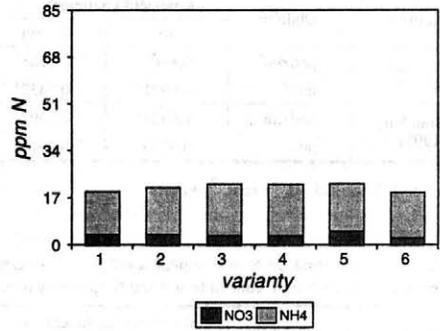
13.3.1991



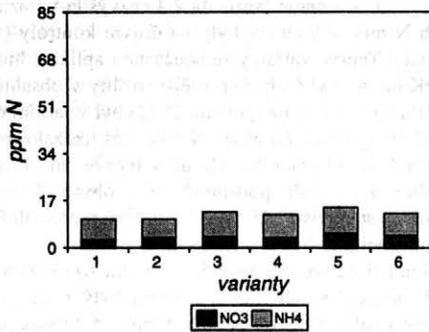
20.9.1991



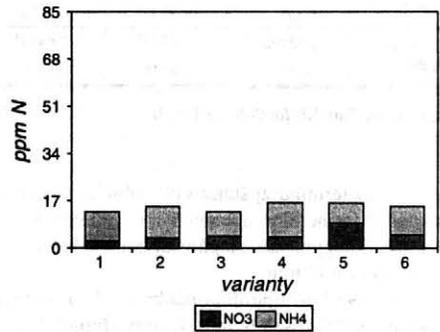
9.9.1991



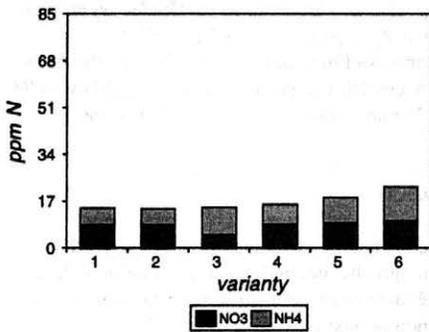
3.3.1992



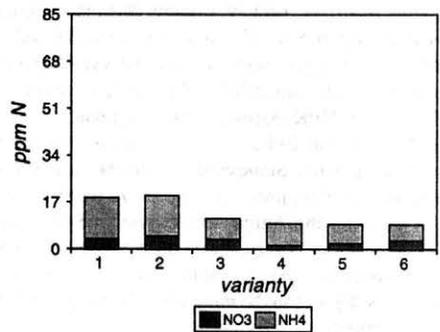
2.3.1992



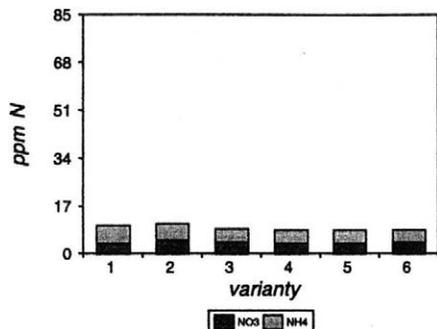
7.9.1992



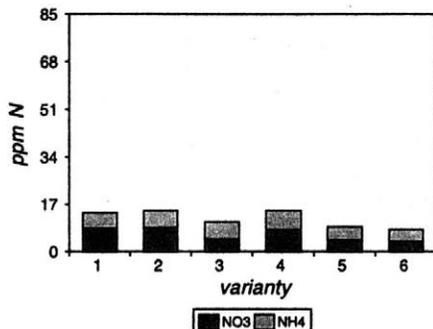
11.9.1992



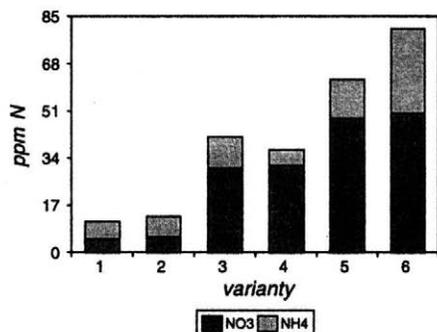
22.3.1993



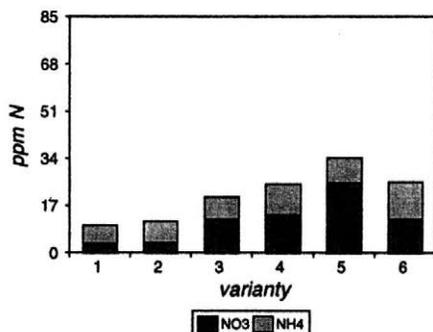
19.3.1993



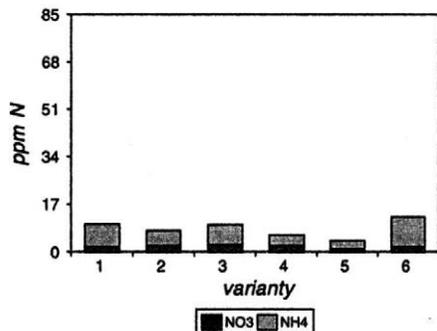
26.8.1993



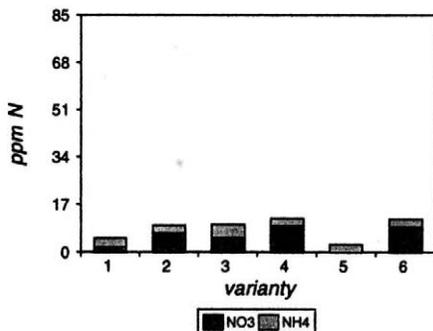
1.9.1993



28.3.1994



28.3.1994



1. Obsah N min. v letech 1991 až 1994 (Lípa – levý sloupec, Svitavy – pravý sloupec) – N min. content in the years 1991 to 1994 (Lípa – left column, Svitavy – right column)

## LITERATURA

- BINFORD, G. D. – BLACKMER, A. M. – CERRATO, M. E.: Relationships between corn yields and soil nitrate in late spring. *Agron. J.*, 84, 1992: 53–59.
- BÍŽIK, J.: Minerálny dusík v pôde a určovanie dávok dusíka. *Agrochémia*, 23, 1983 (8): 215–219.
- BÍŽIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, SAV 1989. 189 s.

- FECENKO, J. – BÍŽIK, J. – LOŽEK, O.: Hnojenie jarného jačmeňa podľa obsahu anorganického dusíka v pôde. *Rostl. Výr.*, 35, 1989 (8): 825–834.
- KUBICOVÁ, Z.: Vplyv hnojenia na rozmiestnenie anorganického dusíka v pôde. *Rostl. Výr.*, 37, 1991 (5): 453–461.
- LEITLAND, G.: Umwandlung des Stickstoffs in Boden. *Wiss. Z.*, 30, 1981 (5): 127–132.
- LOŽEK, O. – BÍŽIK, J. – FECENKO, J.: Dynamika anorganického dusíka v pôde a jej vplyv na úrodu a kvalitu jarného jačmeňa. *Rostl. Výr.*, 37, 1991 (5): 441–451.

VANĚK, V.: Obsah minerálního dusíku v půdách a využití dusíku rostlinami po hnojení močovinou a mikroelementy. [Habilitační práce.] Praha, 1973. s. 153. – Vys. Šk. zeměd.  
VANĚK, V.: Metody stanovení dusíku a jeho forem v půdách. In: Sbor. Semin. Analytické metody v agrochemii, Sklenné Teplice, 1977: 2–17.  
VANĚK, V. – VOSTAL, J. – ČINKOVÁ, D. – VLKOVÁ, O.: Vliv doby aplikace močoviny na odběr a využití dusíku ozimou pšenicí. Rostl. Výr., 35, 1989a (7): 681–688.

VANĚK, V. – VOSTAL, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: Metody stanovení dusíku v půdě a jejich využití ke hnojení zemědělských plodin. [Závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1989b.  
WEHRMANN, J. – SCHARPH, H. C.: The N min-method – an aid to integration various objectives of nitrogen fertilization. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 149, 1986: 428–440.

Došlo 17. 11. 1994

---

**Kontaktní adresa:**

Prof. ing. Václav Vaněk, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika,  
tel.: 02/338 27 34, fax: 02/34 44 18

---

# VLIV DLOUHODOBÉHO HNOJENÍ NA OBSAH MINERALIZOVATELNÉHO DUSÍKU V PŮDĚ

## THE EFFECT OF LONG-TERM FERTILIZATION ON THE CONTENT OF MINERALIZABLE NITROGEN IN SOIL

V. Vaněk<sup>1</sup>, J. Petr<sup>2</sup>, J. Najmanová<sup>1</sup>, D. Pavlíková<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>State Control and Testing Institute for Agriculture, Testing Station, Lípa, Czech Republic

**ABSTRACT:** The content of mineralizable N was studied in two sites where long-term stationary treatment trials were conducted in the years 1991 to 1993. Red clover, winter wheat and potatoes were grown on both sites. Fertilization treatments are in Tab. I. Soil samples were taken from a 0 to 30 cm depth in early spring and after the harvest of crops. The soil was dried after sampling at 40 °C. Aerobic incubation was used to determine mineralizable N. The soil diluted with sand (1:1) was incubated for seven days at 30 °C. Amount of mineral N (N min.) was determined prior to and after incubation by ion selective electrodes. The results were converted into soil dry matter and are expressed in ppm. Tabs II to VIII and Fig. 1 present them in the following way: A = increment of N min. during incubation = mineralizable N; B = N min. content before incubation; A + B = total N min. after incubation. High values of mineralizable N were found out after incorporation of clover in the autumn of 1991, and in the next year as well, especially in the site at Svitavy. Manuring in the autumn of 1991 did not affect more conspicuously content of N min. and mineralizable N in the spring of 1993. High values were found out as late as in autumn of 1993, particularly on the site at Lípa in combinations where fertilizers were applied (treatments 3, 4, 5, and 6). The clover stand raised more the values of mineralizable N and manure in combination with fertilizers raised more the values of N min. In autumn significant differences between sites were found. Higher values of N min. were set up at Lípa and lower ones of mineralizable N, and at Svitavy rather the opposite. It follows from statistical evaluation that mineralizable N together with N min. exhibits closer correlation with the yield of crops and N withdrawal by crops. Negative correlation was mostly found between content of N min. and mineralizable N.

long-term fertilization; mineralizable N; mineral N; yield; N withdrawal

**ABSTRAKT:** Na dvou stanovištích (Lípa a Svitavy) v bramborářském výrobním typu byl v dlouhodobých stacionárních výživářských pokusech v letech 1991 až 1993 sledován obsah minerálního N (N min.) a mineralizovatelného N. Pro stanovení mineralizovatelného N bylo použito aerobní inkubace. Vysoké hodnoty mineralizovatelného N (okolo 40 ppm N) byly zjištěny po zaořávkce jetele v roce 1991, ale také v podzimním období roku 1992 hlavně na stanovišti Svitavy. Zaořávka hnoje na podzim 1992 neovlivnila výrazněji obsah N min. ani mineralizovatelného N na jaře 1993, vysoké hodnoty byly zjištěny teprve v podzimním období 1993, zejména na stanovišti Lípa u kombinací hnojených průmyslovými hnojivy (varianty 3, 4, 5 a 6). Porost jetele zvyšoval více hodnoty mineralizovatelného N a hnoj v kombinaci s průmyslovými hnojivy více hodnoty N min.. V podzimním období byly zjištěny dosti výrazné rozdíly mezi stanovišti. V Lípě byly stanoveny vyšší hodnoty N min. a nižší hodnoty mineralizovatelného N a ve Svitavách naopak. Ze statistického hodnocení vyplývá, že mineralizovatelný N spolu s N min. vykazuje těsnější korelaci s výnosem plodin a odběrem N plodinami. Mezi obsahem N min. a mineralizovatelného N byla většinou zjištěna záporná korelace.

dlouhodobé hnojení; mineralizovatelný N; minerální N; výnos; odběr N

### ÚVOD

Snaha o vyšší využití N rostlinami a omezení jeho možných ztrát směřuje k podrobnému studiu dynamiky přeměn N v půdě a stanovení jednotlivých forem půdního N. Agronomická interpretace analýz půdního N je však obtížná, zvláště v našich půdně-klimatických podmínkách.

Velká pozornost je věnována stanovení obsahu a dynamice minerálního N (N min.), a to s ohledem na optimalizaci výživy hlavní plodiny, ale i na možnosti zařazení meziplodiny s cílem snížit obsah N min. koncem vegetace (Binford et al., 1992; Bízík, Balogh, 1994; Petr et al., 1995 aj.).

Pro výživu rostlin je však významné i množství N, které se během vegetace uvolní mineralizačními proce-

sy. Množství takto uvolněného N souvisí s půdní úrodností a je ovlivňováno agrotechnickými zásahy, plodinou, pěstební technologií a stanovištními podmínkami. Naším cílem je upřesňovat hodnoty tzv. mineralizačního potenciálu a faktorů ovlivňujících uvolňování půdního N.

Existuje velké množství metod pro stanovení mineralizovatelného N a nejčastěji je doporučována aerobní inkubace (Bremner, 1965; Vaněk, 1977; Trávník, Staňa, 1982; Gerkijal, 1986; Gianello, Bremner, 1986; Vaněk et al., 1989; Pavlíková et al., 1992).

V předloženém příspěvku jsou hodnoceny změny mineralizovatelného N v půdách dvou stanovišť stacionárního dlouhodobého hnojařského pokusu.

## MATERIÁL A METODA

Sledování obsahu mineralizovatelného N v půdách bylo uskutečněno na dvou stanovištích dlouhodobých stacionárních výživářských pokusů SKZÚZ v Lípě a ve Svitavách. V pokusech byl v roce 1991 zařazen jetel červený, 1992 ozimá pšenice a 1993 brambory, po nichž následovala ozimá pšenice. Pokusy měly celkem 12 variant v šesti opakováních, podrobněji bylo hodnoceno šest variant (tab. I).

Poslední vápnění ( $\chi$  v tab. II až VI) bylo uskutečněno v Lípě 28. 8. 1991 v dávce 1,44 t CaO.ha<sup>-1</sup> a ve Svitavách 14. 9. 1991 v průměrné dávce 3,24 t CaO.ha<sup>-1</sup>. Hněj byl aplikován 29. 10. 1992 v Lípě a 13. 10. 1992 ve Svitavách. Dávky N činily pro pšenici: N<sub>1</sub> = 70, N<sub>2</sub> = 105 a N<sub>3</sub> = 140 kg N.ha<sup>-1</sup> a pro brambory: N<sub>1</sub> = 80, N<sub>2</sub> = 120 a N<sub>3</sub> = 160 kg N.ha<sup>-1</sup>.

Obě stanice se nacházejí v bramborařském výrobním typu. Bližší charakteristiku pokusných podmínek a vlastního hnojení uvádějí Petr et al. (1995).

Odběr půdních vzorků proběhl z vrstvy 0 až 30 cm v předjaří a po sklizni plodin. Pro stanovení mineralizovatelného N byla zemina vysušena při 40 °C, homogenizována a analýzy byly realizovány z jemnozeme.

Bylo použito aerobní inkubační metody. Zemina ředěná pískem (1:1) byla sedm dní inkubována při vlhkosti 60 % MVK a teplotě 30 °C, potom následovalo stanovení N min. ve výluhu 1% K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a koncové stanovení iontově selektivními elektrodami. Informace

k použité metodě a její hodnocení uvádějí Vaněk et al. (1989) a Pavlíková et al. (1992).

Výsledky analýz byly přepočteny na sušinu zeminy a jsou uváděny v ppm N takto: A = přírůstek N min. během inkubace = mineralizovatelný N; B = obsah N min. ve vzorku před inkubací; A + B = celkový N min. po inkubaci. Pro posouzení vztahů mezi analytickými hodnotami a výnosem plodin a odběrem N plodinami bylo využito statistického hodnocení lineární regrese.

## VÝSLEDKY

Dosažené výsledky jsou uvedeny v tab. II až VIII a na obr. 1. V prvním sledovaném roce (1991), kdy byl na obou stanovištích jetel červený, byly stanoveny poměrně vysoké hodnoty mineralizovatelného N (hodnota A). Vliv různých variant hnojení byl naprosto jednoznačně překryt vlastním působením jetele. Hodnoty mineralizovatelného N se v jarním období pohybovaly okolo 30 ppm N a v podzimním období většinou nad 40 ppm N. Jak je zřejmé z obr. 1, byly po zaořávce jetele (září 1991) a před setím ozimé pšenice hodnoty mineralizovatelného N velmi vyrovnané bez výraznějších rozdílů mezi variantami. Tento stav se na nižší úrovni udržel i v jarním období 1992 na stanovišti Lípa, zatímco ve Svitavách byly zjištěny nižší hodnoty, zejména u variant hnojených průmyslovými hnojivy.

Po sklizni pšenice v roce 1992 byly na stanovišti Svitavy stanoveny nejvyšší hodnoty mineralizovatelného N (okolo 80 ppm N) s výrazně vyššími hodnotami u variant hnojených NPK (varianty 3, 4, 5 a 6). Na stanovišti Lípa se v tomto období pohybovaly hodnoty mineralizovatelného N okolo 30 ppm N bez výrazných rozdílů mezi hodnocenými variantami hnojení. Byl zde však vyšší obsah N min., takže celkový obsah N min. po inkubaci byl u hnojených variant v rozmezí 45 až 51 ppm N. Výrazný pokles mineralizovatelného N byl zaznamenán na obou stanovištích v jarním období 1993 (pohyboval se v hodnotách okolo 20 ppm). Zaořávka hnoje na podzim 1992 se na hodnotách mineralizovatelného N neprojevila pozitivně. Zřejmé byla podpora imobilizace a k uvolňování N došlo později v průběhu vegetace brambor. Po sklizni brambor byly na obou stanovištích zjištěny opět vyšší hodnoty mineralizovatelného N.

I. Hodnocené varianty hnojení – Assessed treatments of fertilization

Varianta <sup>1</sup>	Označení <sup>2</sup>	Vápnění podle potřeby <sup>3</sup>	Hněj <sup>4</sup> (t.ha <sup>-1</sup> )	Dávky v průmyslových hnojivech <sup>5</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	
				P	K
1	0	-	-	-	-
2	Hn	+	40	-	-
3	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	+	40	13,2	33,2
4	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	+	40	26,4	66,4
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	+	40	52,6	132,8
6	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub> Ca	-	40	52,6	132,8

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>marking, <sup>3</sup>sweetening as needed, <sup>4</sup>manure, <sup>5</sup>doses in fertilizers

II. Závislost mezi obsahem mineralizovatelného N a výnosem plodin – Dependence between the content of mineralizable N and crop yield

Plodina <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
Pšenice <sup>4</sup> (1992)	podzim <sup>6</sup>	0,1733	-0,1054
	jaro <sup>7</sup>	-0,3197	-0,9796
Brambory <sup>5</sup> (1993)	podzim	0,4798	0,9373 <sup>x</sup>
	jaro	0,7114 <sup>x</sup>	0,7223 <sup>x</sup>

<sup>1</sup>crop, <sup>2</sup>season, <sup>3</sup>correlation coefficient, <sup>4</sup>wheat, <sup>5</sup>potatoes, <sup>6</sup>autumn, <sup>7</sup>spring

III. Závislost mezi obsahem mineralizovatelného N a odběrem N plodinami – Dependence between the content of mineralizable N and N withdrawal by crops

Plodina <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
Pšenice <sup>4</sup> (1992)	podzim <sup>6</sup>	0,2810	0,5979 <sup>x</sup>
	jaro <sup>7</sup>	-0,5841	0,3213
Brambory <sup>5</sup> (1993)	podzim	0,4630	-0,5148
	jaro	0,5227 <sup>x</sup>	0,7638 <sup>x</sup>

For 1-7 see Tab. II

IV. Závislost mezi celkovým obsahem N min. po inkubaci a výnosem plodin – Dependence between the total content of N min. after incubation and crop yield

Plodina <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
Pšenice <sup>4</sup> (1992)	podzim <sup>6</sup>	0,5696 <sup>x</sup>	-0,4433
	jaro <sup>7</sup>	0,0432	-0,9987
Brambory <sup>5</sup> (1993)	podzim	0,7064 <sup>x</sup>	0,8815 <sup>x</sup>
	jaro	0,5684 <sup>x</sup>	0,7380 <sup>x</sup>

For 1-7 see Tab. II

V. Závislost mezi celkovým obsahem N min. po inkubaci a odběrem N plodinami – Dependence between the total content of N min. after incubation and N withdrawal by crops

Plodina <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
Pšenice <sup>4</sup> (1992)	podzim <sup>6</sup>	0,4390	0,5693 <sup>x</sup>
	jaro <sup>7</sup>	-0,2898	0,5462 <sup>x</sup>
Brambory <sup>5</sup> (1993)	podzim	0,8337 <sup>x</sup>	-0,1985
	jaro	0,3738	0,5413 <sup>x</sup>

For 1-7 see Tab. II

Výsledky soustředěné na obr. 1 a v tab. VII a VIII ukazují, že je zapotřebí posuzovat mineralizovatelný N (hodnota A) spolu s N min. obsaženým v zemině (hodnota B). Celkový N min. po inkubaci (A + B) dává lepší přehled o možnosti půd zásobovat rostliny N, což dokumentují i příznivější korelační koeficienty mezi

VI. Závislost mezi obsahem N min. v půdě a mineralizovatelným N – Dependence between N min. content in soil and mineralizable N

Rok <sup>1</sup>	Období <sup>2</sup>	Korelační koeficient <sup>3</sup> (r)	
		Lípa	Svitavy
1991	jaro <sup>7</sup>	0,5961 <sup>x</sup>	0,7113 <sup>x</sup>
	podzim <sup>6</sup>	-0,0782	-0,0833
1992	jaro	-0,2154	-0,6429
	podzim	-0,1268	-0,9503
1993	jaro	-0,6430	-0,7664
	podzim	-0,3718	0,3887

<sup>1</sup>year, for 2, 3, 6, 7 see Tab. II

VII. Obsah N min. ve vzorcích půd odebraných na jaře (průměr tří let) – N min. content in soil samples taken in the spring (average for three years)

Číslo kombinace <sup>1</sup>	Celkový N min. po inkubaci <sup>2</sup>		Mineralizovatelný N <sup>3</sup>	
	Lípa	Svitavy	Lípa	Svitavy
1	44,9	38,8	25,9	22,1
2	46,6	38,3	26,2	20,8
3	39,1	42,4	22,5	21,1
4	37,8	32,8	20,7	13,3
5	43,9	47,5	26,6	24,1
6	33,9	44,1	17,3	13,7
$\bar{x}$	41,0	40,7	23,2	19,2

<sup>1</sup>number of combination, <sup>2</sup>total N min. after incubation, <sup>3</sup>mineralizable N

VIII. Obsah N min. ve vzorcích půd odebraných po sklizni (průměr tří let) – N min. content in soil samples taken after harvest (average for three years)

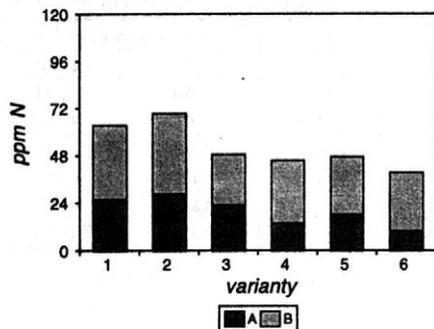
Číslo kombinace <sup>1</sup>	Celkový N min. po inkubaci <sup>2</sup>		Mineralizovatelný N <sup>3</sup>	
	Lípa	Svitavy	Lípa	Svitavy
1	44,7	47,5	22,1	31,5
2	48,8	58,6	31,9	41,5
3	59,1	62,9	30,9	45,2
4	67,3	61,3	41,6	42,6
5	67,9	73,4	30,9	51,6
6	71,2	61,6	28,1	43,8
$\bar{x}$	59,8	60,9	30,9	42,7

For 1-3 see Tab. VII

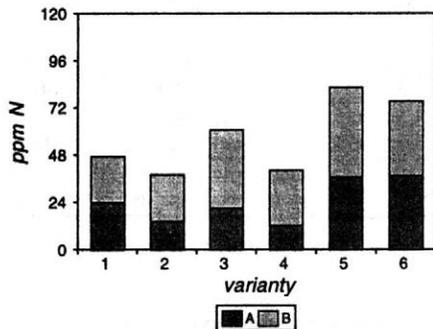
celkovým N min. po inkubaci a výnosem plodin a dále i odběrem N rostlinami (tab. IV a V).

Průměrné tříleté výsledky z jarního období (tab. VII) ukazují, že celkové množství N min. po inkubaci bylo dost vyrovnané bez výrazných a jednoznačných rozdílů mezi sledovanými variantami na obou stanovištích. Podobně je tomu i s hodnotami mineralizovatelného N. Vzorky půd z podzimního období (tab. VIII) vykázaly vyšší hodnoty jak celkového N min. po inkubaci, tak i mineralizovatelného N. Průměrné hodnoty celkového

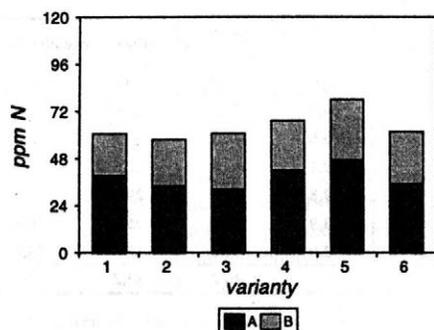
14.3.1991



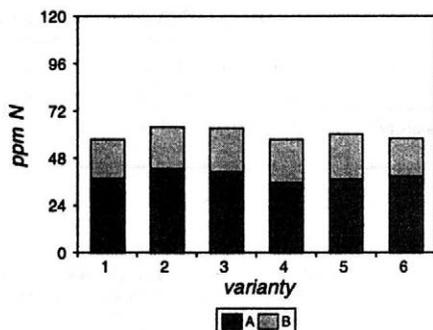
13.3.1991



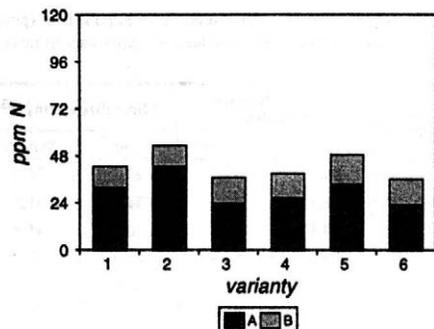
20.9.1991



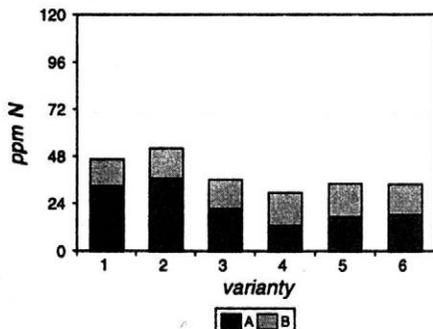
9.9.1991



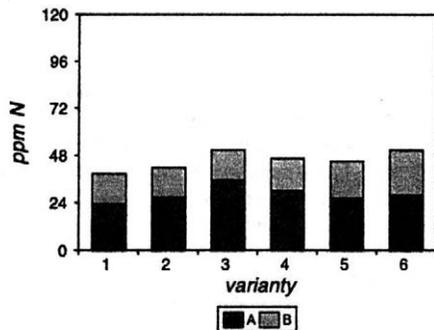
3.3.1992



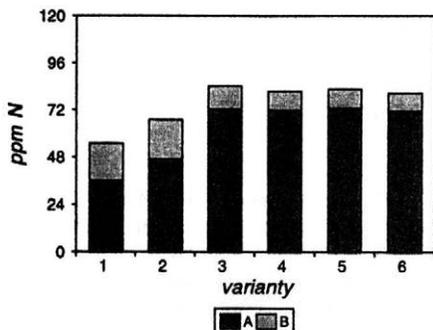
2.3.1992



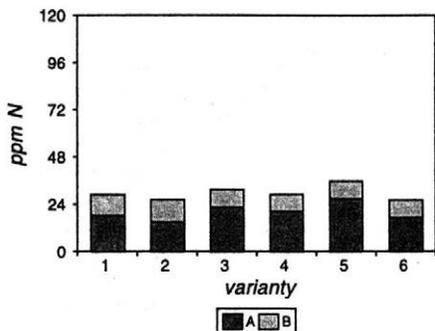
7.9.1992



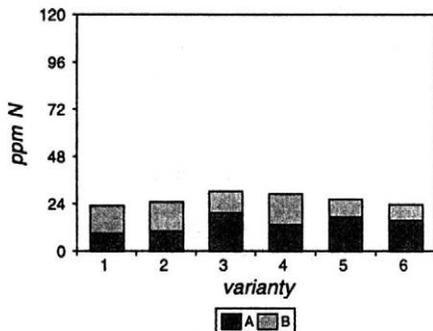
11.9.1992



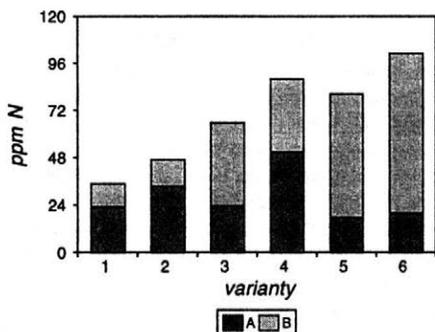
22.3.1993



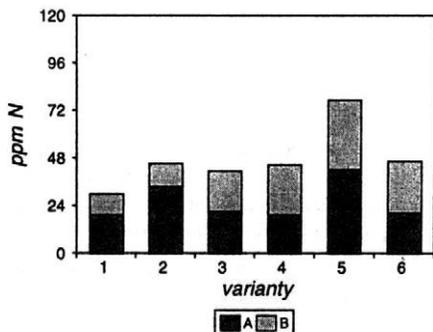
19.3.1993



26.8.1993



1.9.1993



1. Obsah mineralizovatelného N v letech 1991 až 1993 (Lípa – levý sloupec, Svitavy – pravý sloupec) – Content of mineralizable N in the years 1991 to 1993 (Lípa – left column, Svitavy – right column)

N min. byly na obou stanovištích podobné, ale byly zjištěny rozdíly v mineralizovatelném N. Vyšší hodnoty mineralizovatelného N byly zaznamenány na stanovišti Svitavy a nižší v Lípě. V podzimním období se ukázala dost jednoznačná tendence vyšších hodnot obsahu N na hnojených variantách. Z porovnání variant 5 a 6 je zřejmé, že absence vápnění (varianta 6) snížila obsah jak celkového N min., tak i mineralizovatelného N.

V tab. VI jsou uvedeny korelační koeficienty závislosti obsahu N min. ve vzorku s mineralizovatelným N. Kromě jarního termínu 1991 jsou většinou korelační koeficienty záporné, což dokumentuje očekávanou skutečnost, že existuje nepřímá závislost mezi sledovanými formami N.

## DISKUSE

Výsledky sledování obsahu N min. a mineralizovatelného N potvrdily výrazný vliv jetele na nárůst obsahu N min., ale především mineralizovatelného N. Lze konstatovat, že po zaorávce jetele se výrazně zvýšilo množství mineralizovatelného N, a to v podzimním období roku 1991 i 1992. Potvrzuje to obecně známou

skutečnost o výborné předplodinové hodnotě jetele. Ukazuje se, že vliv jetele zcela překrývá a zřejmě také vyrovnává vliv různých variant hnojení.

Jestliže přepočteme analýzami zjištěné hodnoty mineralizovatelného N (okolo 40 ppm N) na 1 ha, jde přibližně o 200 kg N, které jsou potenciálně uvolnitelné. I kdybychom uvažovali jen částečné využití mineralizovatelného N, je možné předpokládat, že porost jetele poskytl následně plodině nejméně 100 kg N. Z tohoto pohledu bude zapotřebí přehodnotit doposud uskutečňované úpravy dávky N po dobrých porostech jetele. V Komplexní metodice výživy rostlin (Neuberg a kol., 1990) je uvažován průměrný odpočet 50 kg N. Výsledky ukazují na podobné hodnoty i v druhém roce.

Na obou stanovištích se zaorávka hnoje (podzim 1992) projevila snížením N min. i mineralizovatelného N na jaře následujícího roku, tedy jednoznačně imobilizačně. N min. se zřejmě uvolňoval až později během vegetace brambor. Pozdější mineralizace je důsledkem vyšších hodnot N min. i mineralizovatelného N po sklizni brambor, zejména na stanovišti Lípa.

Pro praktické využití údajů o obsahu mineralizovatelného N se ukazuje vhodnější podzimní odběr vzorků. Potvrzují se názory o nutnosti využívat k optimalizaci

výživu rostlin N společně údaje o obsahu mineralizovatelného N a N min., především nitrátového N (Postnikov et al., 1983; Gerkiĵal, 1986; Vaněk et al., 1989 aj.). Dokumentují to také údaje korelací v tab. IV a V.

Dá se předpokládat, že N min. (hlavně nitrátový N) spolu s mineralizovatelným N tvoří na jednotlivých stanovištích po určité době poměrně stabilní hodnotu a změny těchto forem se uskutečňují především v rámci této hladiny. Proto také vztah mezi N min. a mineralizovatelným N v půdě je většinou nepřímý (tab. VI).

Poněkud rozdílné výsledky zjištěné na jednotlivých stanovištích dokumentují složitost celé problematiky a ukazují na nutnost dlouhodobého a systematického sledování, proto je velmi obtížné praktické využití ojedinelých a nahodilých analýz bez přihlednutí k řadě dalších okolností.

#### Poděkování

Autoři děkují všem spolupracovníkům SKZÚZ, oddělení agrochemie, půdy a výživy rostlin v Havlíčkově Brodě, dále ze zkušebních stanic Lípa a Svitavy za všestrannou pomoc při řešení tohoto úkolu.

Práce byla uskutečněna v rámci grantu GA ČR č. 502/93/0220.

#### LITERATURA

BINFORD, G. D. – BLACKMER, A. M. – CERRATO, M. E.: Relationships between corn yields and soil nitrate in late spring. *Agron. J.*, 84, 1992: 53–59.

BÍZIK, J. – BALOGH, Z.: Pohyb a akumulácia anorganického dusíka v hneďozemi. *Rostl. Vyr.*, 40, 1994: 877–887.  
BREMNER, J. M.: Nitrogen availability indexes. In: BLACK, C. A. (ed.): *Methods of soil analysis*. Agron. Amer. Soc. Agron. (Madison, Wisconsin), 2, 1965 (9): 1324–1345.  
GERKIĴAL, Z. V.: Srovnatelná ocena raznych metodov opredelenija azota v tĵmno-seroj lesnoj počve dlĵa diagnostiki obespečenosti im jabloni. *Agrochimija*, 1986 (9): 105–107.

GIANELLO, C. – BREMNER, J. M.: Comparison of chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 17, 1986 (2): 215–236.  
NEUBERG, J. a kol.: *Komplexní metodika výživy rostlin*. Praha, ÚVTIZ 1990.

PAVLÍKOVÁ, D. – VANĚK, V. – VLKOVÁ, O.: Hodnocení metod stanovení mineralizovatelného dusíku v půdě. *Rostl. Vyr.*, 38, 1992 (12): 983–988.

PETR, J. – VANĚK, V. – PROCHÁZKA, J. – NAJMANOVÁ, J.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah minerálního dusíku v půdě. *Rostl. Vyr.*, 41, 1995 (3): 103–108.

POSTNIKOV, A. V. – CHAVKIN, E. E. – KORTCHAGINA, J. I.: Sovremennoje sostojanie i perspektivy praktičeskoj diagnostiki azotnogo režima počv i pitanija rastĵenij. *Agrochimija*, 1983 (2): 114–125.

TRÁVNÍK, K. – STAŇA, J.: Možnost stanovení přístupného dusíku v půdách inkubační metodou. *Agrochémia*, 22, 1982 (1): 11–13.

VANĚK, V.: Metody stanovení dusíku a jeho forem v půdách. In: *Sbor. Semin. Analytické metody v agrochemii*, Sklenné Teplice, 1977: 2–17.

VANĚK, V. – VOSTAL, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: *Metody stanovení dusíku v půdě a jejich využití ke hnojení zemědělských plodin*. [Závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1989.

Došlo 17. 11. 1994

---

#### Kontaktní adresa:

Prof. ing. Václav Vaněk, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 34, fax: 02/34 44 18

---

# VLIV HNOJENÍ SODÍKEM NA VÝNOS, KVALITU A MINERÁLNÍ SLOŽENÍ PÍČE SRHY LALOČNATÉ (*DACTYLIS GLOMERATA* L.)

## THE EFFECT OF SODIUM FERTILIZATION ON THE YIELD, QUALITY AND MINERAL COMPOSITION OF ORCHARD GRASS (*DACTYLIS GLOMERATA* L.)

J. Tůma, J. Matula

Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic

**ABSTRACT:** The effect of sodium fertilization was studied in the small-plot field trials with orchard grass (*Dactylis glomerata* L.), the variety Rožnovská in pure culture with four-cut utilization. The trial included four treatments with four replications. To two liming methods and magnesium fertilization (Tůma, Matula, 1993), annual sodium fertilization in the form of kitchen salt (Tab. I) was tested. A dose of 40 kg Na.ha<sup>-1</sup> was always applied too early in the spring with the first nitrogen application to the first cut. Average values of agrochemical soil tests are in Tab. II. The dry matter yield was determined in each cut, along with chemical composition, including fodder-production characteristics according to particular methodologies. Further details about the trial are referred to by Tůma (1992). Sodium fertilization in the treatments KMVR+Na and KVK+Na compared with untreated treatments (KMVR and KVK) contributed to the significant increase of exchangeable sodium content in soil, determined by the method KVK-UF (Matula, Pirkel, 1988). Sodium concentration in soil solution increased as well. In treatments fertilized with sodium a lower decrease in exchangeable potassium supply and its concentration in soil solution was recorded. A marked decrease in potassium supply in all treatments was probably due to high withdrawal of potassium, absence of potassium fertilization and due to the system of fertilization by the other cations, especially by calcium and manganese (Tůma, Matula, 1993). In treatments fertilized with sodium statistically significantly yield of herbage was recorded in 1989, while differences in yield among particular treatments were not statistically significant (Fig. 1). It is interesting that the highest increase in the yields was achieved just in 1989, where the highest uptake of sodium was reported. Sodium fertilization had a significant influence on statistically significant increase in sodium content in the herbage (Fig. 2) which was observed yet in the first year after application of sodium. The highest increase in sodium content was achieved not earlier than in the third year (1989) in the treatment KVK+Na with an average value of 1,703 mg Na.kg<sup>-1</sup>. This content exceed statistically significantly the treatment KVMR+Na with average content 1,184 mg Na.kg<sup>-1</sup> dry matter of herbage. In treatments unfertilized with sodium the highest sodium content on average was in the herbage of the third cut, while in treatments fertilized with sodium in the first cut. Sodium content in the herbage and other cuts fell slowly (Fig. 3). It is evident from the results that sodium content in herbage greatly depends not only on sodium fertilization, but also on the system of fertilization by the other nutrients, on their content and mutual relationships in soil. In this context, it is about potassium, which can affect the most an uptake of the other cations (Mengel, 1984; Matula, 1987). At first sight from Fig. 4 the falling proportion of potassium is evident in particular years which corresponded with changes in content and activity of potassium in soil. On the other hand, increasing proportion of calcium, magnesium and sodium is evident. After balance of relationships of major nutrients in soils which was achieved with time as late as in 1989, the effect of sodium fertilization was manifested the most significantly. Sodium was shown to be the most active cation. Thus, those conclusions were confirmed (Matula et al., 1985) that sodium content needed in production cannot be achieved without suitable adjustment of potassium supplies in soils and relationships to the other nutrients corresponded to it. Interaction in the content of different cations in herbage are in accord with conditions in equivalent statement (Fig. 5). Sodium fertilization contributed significantly to the decrease in K/Na ratio. The lowest values here were recorded in the treatment KVK+Na where these values fell on average to the value 10.0, which is close to the requirements for nutrition of animals. A marked effect of sodium fertilization was manifested also in a ratio K/Ca+Mg which also fell in the above treatment to the lowest value 1.45 in 1989. Sodium fertilization had no significant influence on the other conditions, e.g. K/Mg, K/Ca+Mg. Relatively high variability was recorded in nitrate contents, hence statistically significant difference (Fig. 6) was not found among different treatments. Despite it, on average lower nitrate content was observed in treatments fertilized with sodium. It was about interaction with chloride. Sodium fertilization had no significant effect on indicators of nutritive value of the herbage.

orchard grass; sodium fertilization; mineral composition of dry matter

**ABSTRAKT:** Hnojení sodíkem v roční dávce 40 kg Na.ha<sup>-1</sup> (v NaCl) významně přispělo ke zvýšení zásoby sodíku v půdě i jeho koncentrace v půdním roztoku. Ve třetím roce trvání pokusu, kdy byl zaznamenán nejvyšší příjem sodíku, se projevilo i ve statisticky významném zvýšení výnosu píce. Významný vliv mělo i na zvýšení obsahu sodíku v píci až na hodnotu 1 703 mg Na.kg<sup>-1</sup> v porovnání s nehnojenou variantou o průměrném obsahu 249 mg Na.kg<sup>-1</sup>. Požadovaného obsahu sodíku v produkci však nelze dosáhnout bez vhodné úpravy zásob draslíku v půdě a jeho odpovídajících relací k ostatním živinám. Po dosažení těchto relací přispělo hnojení sodíkem ke snížení poměru ekvivalentů K/Na až na hodnotu 10,0 a poměru K/Ca+Mg+Na na hodnotu 1,45. Nepatrně se projevilo ve sníženém obsahu nitrátů a nemělo podstatný vliv na hlavní ukazatele výživné hodnoty píce.

srha laločnatá; hnojení sodíkem; minerální složení sušiny

## ÚVOD

Obsah sodíku v píci je důležitým kvalitativním ukazatelem a pozitivně souvisí i s chutností píce (Míka, 1980). Hlavně na pastvinách je tedy důležité dosáhnout náležitého obsahu sodíku v píci a jeho odpovídajícího poměru k draslíku a ostatním živinám. Především se tím některým problémům s užitkovostí a zdravotním stavem skotu. Rostliny dávají ve výživě přednost draslíku, zatímco zvířata naopak sodíku. Sodík v těle zvířete působí i jako faktor vyrovnávající přebytek draslíku. Rovněž i u rostlin může nahradit určité funkce draslíku (Mengel, 1984). Existuje tedy důvod pro poznání vzájemných relací mezi sodíkem, draslíkem a ostatními živinami ve výživě pastevních porostů.

Účinkem hnojení sodíkem u travních porostů se zabývali Míka et al. (1977). V našich dřívějších pracích (Tůma, 1992; Tůma, Matula, 1993) jsme zjistili, že obsah sodíku v píci a jeho příjem značně závisí na aktivitě draslíku a jeho proporcích k ostatním živinám v půdě. Předložená práce je příspěvkem k řešení problematiky hnojení sodíkem v závislosti na systému hnojení ostatními živinami, zabývá se interakcemi mezi sodíkem, draslíkem, hořčíkem a vápníkem při příjmu a zkoumá podmínky, za jakých je možné výrazně zvýšit podíl sodíku v píci, a to při použití pouze nízkých dávek sodíku.

## MATERIÁL A METODA

Účinek hnojení sodíkem byl zkoumán v mikroparcelovém pokusu se srhou laločnatou odrůdou Rožnovská v čisté kultuře po tři roky při čtyřsečném využívání porostu. Rozměr jedné parcelky byl 2 x 2 m. Pokus proběhl ve čtyřech variantách ve čtyřnásobném opako-

vání. Schéma variant pokusu je uvedeno v tab. I. Ke dvěma způsobům vápnění a hnojení hořčíkem (Tůma, Matula, 1993) bylo zkoušeno každoroční hnojení sodíkem ve formě kuchyňské soli. Dávka 40 kg Na.ha<sup>-1</sup> byla aplikována vždy na jaře společně s první aplikací dusíku. Celková roční dávka 200 kg N.ha<sup>-1</sup> byla dělena na čtyři dávky po 50 kg N.ha<sup>-1</sup>. První část dusíku byla aplikována brzy zjara na počátku vegetace a další dusík vždy po první až třetí seči (Tůma, Matula, 1994).

Pokus byl založen v roce 1986 v katastru obce Chlum (okres Kutná Hora), v nadmořské výšce 470 m, s dlouhodobým průměrem srážek 615 mm a průměrnou denní teplotou 7,4 °C; druh půdy – středně těžká, hlinitá; půdní typ – illimerizovaná půda; hloubka ornice činila 0,18 m a hmotnost ornice 1,55 t.m<sup>-3</sup>. Půdní substrát tvořily svahoviny – těžké hlíny s drobnějším skeletem.

Před založením pokusu byla půda pokusného pozemku zkoušena na obsah hlavních živin. Další agrochemické zkoušení půd pokusných parcelk proběhlo na jaře roku 1987 a po skončení pokusu na podzim v roce 1989. Výsledky agrochemického zkoušení půd jsou uvedeny v tab. II. V každé seči byl stanoven výnos sušiny a její chemické složení včetně krmivářských charakteristik podle jednotných metodik (Javorský et al., 1987).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Po třiletém hnojení roční dávkou 40 kg Na.ha<sup>-1</sup> u variant KMVR+Na a KVK+Na bylo zaznamenáno významné, více než dvojnásobné zvýšení obsahu výměnného sodíku stanoveného metodou KVK-VF (tab. II). U těchto variant bylo pozorováno i významné

### I. Hnojení jednotlivými živinami – Fertilization by different nutrients

Varianta <sup>1</sup>	Název <sup>2</sup>	Roční dávka <sup>3</sup> (kg/ha)		Celková dávka <sup>4</sup> (kg/ha) 1986–1989			
		Na	N	P	K	Mg	Ca
1	KMVR+Na	40	200	158	0	55	3 720
2	KMVR	0	200	158	0	55	3 720
3	KVK+Na	40	200	158	0	331	622
4	KVK	0	200	158	0	331	622

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>name, <sup>3</sup>annual dose, <sup>4</sup>total dose

Rok <sup>1</sup>	Varianta <sup>2</sup>	pH/KCl	Metoda <sup>3</sup> KVK-UF (Matula, Pirkl, 1988)						Simulovaný půdní roztok <sup>4</sup>			
			KVK	P	K	Mg	Ca	Na	K	Mg	Ca	Na
			mmol (+)/kg	mg/kg						mg/l		
1986	1-4	5,20	171,4	15,5	325,0	79,8	1 040,0	40,0	49,0	9,8	38,6	22,5
1987	1	6,10	153,2	21,0	211,3	83,4	1 176,0	40,0	31,3	9,3	139,9	15,6
	2	6,14	149,8	20,6	248,3	83,2	1 207,5	40,0	37,9	11,7	181,6	15,6
	3	5,38	156,2	14,3	258,5	150,1	970,7	36,6	27,4	10,6	53,6	13,6
	4	5,49	160,9	19,4	235,7	134,4	1 060,3	32,7	27,8	11,9	45,7	13,8
1989	1	6,28	158,9	11,7	192,8	95,5	1 695,0	82,5	12,6	6,9	77,2	27,6
	2	6,25	155,1	12,6	203,0	76,2	1 620,0	51,2	10,9	6,3	76,8	11,2
	3	5,03	170,0	8,4	208,0	127,4	1 146,7	70,0	9,0	7,1	42,5	14,8
	4	5,26	174,9	12,3	170,9	146,3	1 232,5	48,0	8,4	6,9	30,0	7,2

<sup>1</sup>year, <sup>2</sup>treatment, <sup>3</sup>method, <sup>4</sup>simulated soil solution

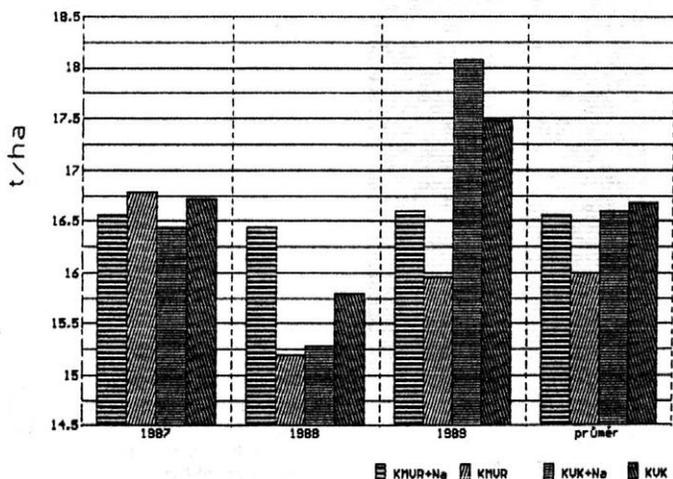
zvýšení koncentrace sodíku v půdním roztoku. Nižší nárůst obsahu výměnného sodíku i koncentrace sodíku v půdním roztoku, zjištěné u varianty KVK+Na v porovnání s variantou KMVR+Na a obdobně i u varianty KVK v porovnání s variantou KMVR, by mohl souviset s vyšším odběrem sodíku. U variant hnojených sodíkem byl rovněž pozorován nižší pokles zásoby výměnného draslíku i jeho koncentrace v půdním roztoku. Nebyl zaznamenán účinek hnojení sodíkem na hodnoty půdní reakce, kationtové sorpční kapacity půdy ani na obsah fosforu, hořčíku a vápníku v půdě. Výrazný pokles zásoby draslíku u všech variant byl pravděpodobně způsoben značným odběrem draslíku, absencí draselného hnojení a systémem hnojení ostatními kationty, zejména vápníkem a hořčíkem (Tůma, Matula, 1993). Tato skutečnost značně přispěla ke zvýšení příjmu sodíku, což se příznivě projevovalo v minerálním složení píce a částečně i ve výnosové odezvě.

U variant hnojených sodíkem byl v roce 1989 zaznamenán statisticky významně vyšší výnos píce. Zatímco v letech 1987 a 1988 nebyly rozdíly ve výnosech

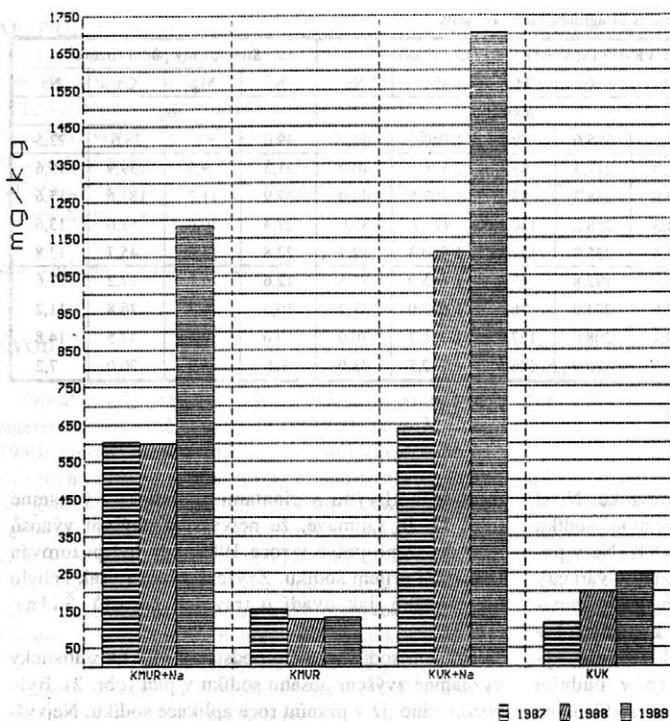
mezi jednotlivými variantami statisticky významné (obr. 1). Je zajímavé, že nejvyššího zvýšení výnosů bylo dosaženo právě v roce 1989, kdy byl pozorován i nejvyšší příjem sodíku. Zvýšení výnosu však nebylo tak výrazné, jak uvádí u travních porostů Šilar (1973).

Hnojení sodíkem mělo podstatný vliv na statisticky významné zvýšení obsahu sodíku v píci (obr. 2). Bylo pozorováno již v prvním roce aplikace sodíku. Nejvyššího nárůstu obsahu sodíku v píci však bylo dosaženo až ve třetím roce (1989). Je zajímavé, že varianta KMVR+Na s průměrným obsahem 1 703 mg Na.kg<sup>-1</sup> sušiny píce statisticky významně převyšovala i variantu KMVR+Na s průměrným obsahem 1 184 mg Na.kg<sup>-1</sup>. Zatímco u varianty KVK i přes absenci hnojení sodíkem bylo zaznamenáno zvýšení jeho obsahu v sušině píce na průměrnou hodnotu 249 mg Na.kg<sup>-1</sup>, u varianty KMVR bylo pozorováno snížení obsahu sodíku v píci v porovnání s výchozím rokem.

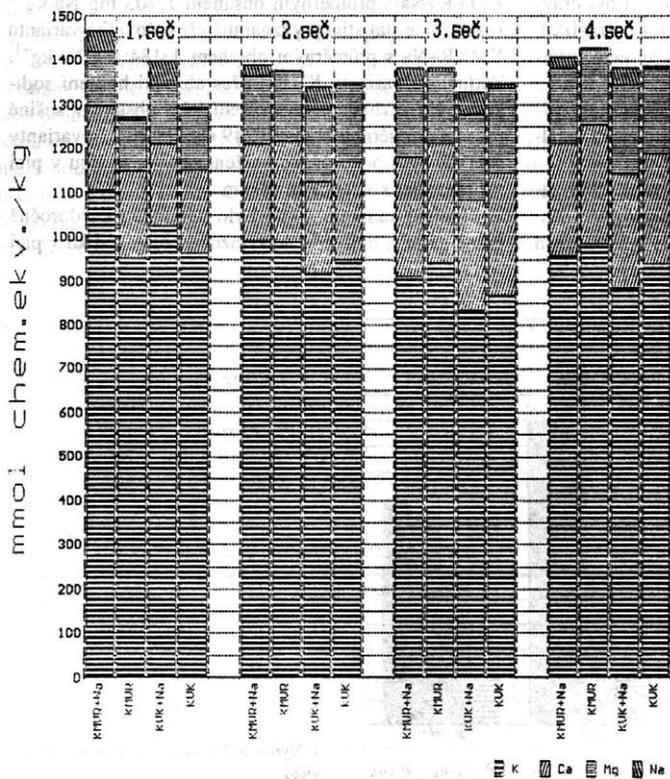
Hnojení sodíkem, které bylo uplatněno každoročně časně na jaře, ovlivnilo nejvýrazněji obsah sodíku v píci



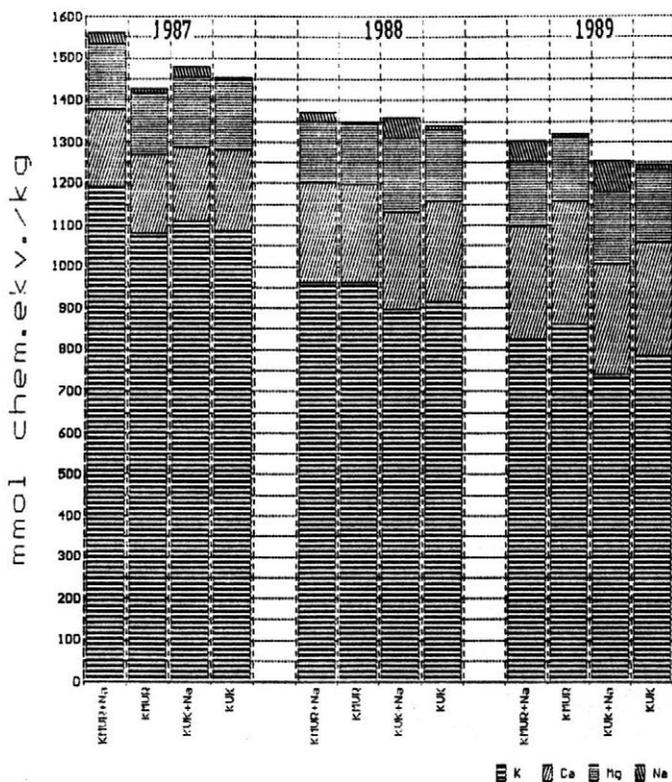
1. Výnos sušiny píce – Herbage dry matter yield



2. Průměrné hodnoty obsahu sodíku v píce v jednotlivých letech – Average values of sodium content in herbage in different years



3. Průměrný obsah jednotlivých kationtů v píce podle sečí (průměr za roky 1987 až 1989) – Average content of individual cations in herbage according to cuts (average for the years 1987 to 1989)



4. Průměrný obsah kationtů v píce v jednotlivých letech (průměr první až čtvrté seče) – Average content of cations in herbage in individual years (average for the first to the fourth cuts)

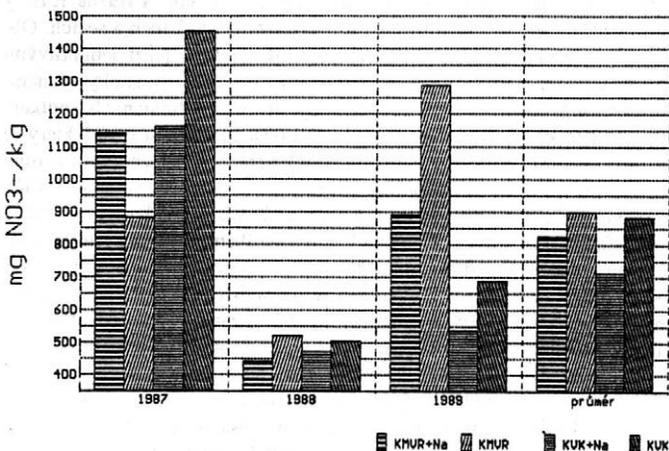
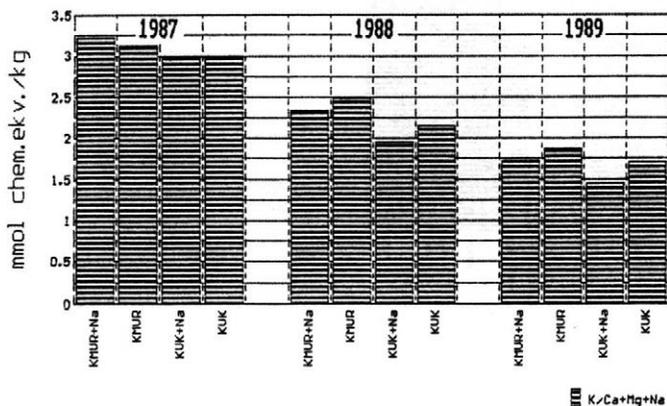
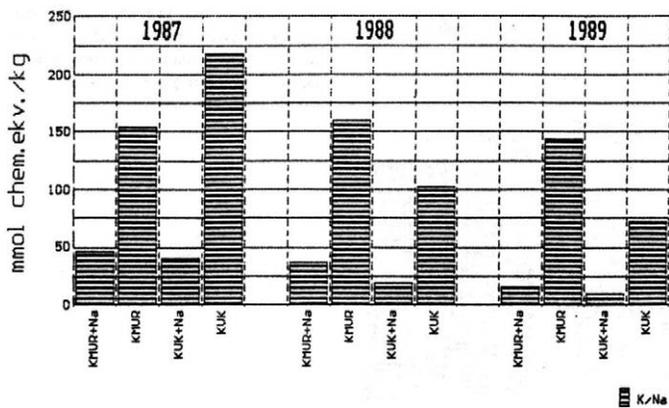
první seče, jak je však zřetelné zejména u varianty KVK+Na, ovlivnilo obsah sodíku v píce i u zbývajících sečí (obr. 3). U variant nehnojených sodíkem byl naopak zaznamenán nejvyšší obsah sodíku v píce třetí seče. Tento jev může souviset s podmínkami pro transport draslíku. V případě příznivých vlhkostních, resp. teplotních poměrů a dostatečné zásoby draslíku v půdě může draslík potlačovat příjem sodíku i ostatních kationtů. Po první a druhé seči vzhledem k intenzivnímu odběru draslíku a suššímu období v letních měsících může dojít k částečnému odčerpání draslíku z rizo sféry. Po částečném potlačení konkurenčního tlaku draslíku dojde ke změně relací mezi draslíkem a ostatními kationty, což umožní zvýšení jejich příjmu. Zvýšení koncentrace sodíku v půdním roztoku po hnojení sodíkem mohlo přispět ke zvýhodnění pasivního příjmu sodíku, a tím i k výraznějšímu zvýšení jeho obsahu v píce.

V roce 1987, kdy byl poměrně vysoký obsah draslíku v půdě, byla po hnojení sodíkem pozorována tendence zvýšení obsahu draslíku v píce, které se projevilo hlavně u první seče. S klesajícím zásobou draslíku v půdě v roce 1988 a zejména pak v roce 1989 byl pozorován u variant 1 a 3 hnojených sodíkem nepatrně nižší obsah draslíku v píce. Projevil se zde i systém hnojení ostatními prvky, kde u systému KVK (varianty 3 a 4) byl zaznamenán nižší obsah draslíku.

Rovněž na obsah hořčiku v píce měl vliv spíše systém hnojení ostatními prvky, zejména hořčíkem (varianty 3 a 4), než hnojení sodíkem. Výrazné rozdíly nebyly zjištěny ani v jednotlivých letech a sečích. Podobně i v obsahu vápníku nebyly mezi jednotlivými variantami zaznamenány podstatné statisticky významné rozdíly. Přesto byl u variant hnojených sodíkem zjištěn nepatrný pokles obsahu vápníku v píce, který se projevil v jednotlivých letech a sečích (vyjma roku 1988 u varianty KMVR a čtvrté seče u varianty KVK).

Z výsledků je patrné, že obsah sodíku v píce značně závisí nejen na hnojení sodíkem, ale i na systému hnojení ostatními živinami, na jejich obsahu a vzájemných relacích v půdě. V této souvislosti jde hlavně o draslík, který je schopen v největší míře ovlivnit příjem ostatních kationtů (Mengel, 1984; Matula, 1987).

U všech variant je na první pohled patrný klesající podíl draslíku v jednotlivých letech (obr. 4), který korespondoval se změnami obsahu draslíku v půdě. Na druhé straně je pak zřetelný zvyšující se podíl vápníku, hořčiku a sodíku. U sodíku stejně jako u vápníku a hořčiku (Tůma, 1992) nezávisí jeho obsah v píce pouze na hnojení příslušným prvkem, ale i na systému hnojení a obsahu draslíku v půdě. Po vyrovnání relací hlavních živin v půdě, kterého se podařilo postupně dosáhnout u systému KVK až v roce 1989, se projevil účinek hnojení sodíkem nejvýrazněji. Sodík se pak pro-



jevil jako neaktivnější kationt. Potvrdily se tím i dřívější závěry (Matuša et al., 1985), že požadovaného obsahu sodíku v produkci nelze dosáhnout bez vhodné úpravy zásob draslíku v půdě a jeho odpovídajících relací k ostatním živinám.

Interakce v obsahu jednotlivých kationtů v píce dobře vystihují jejich poměry v ekvivalentním vyjádření (obr. 5). Hnojení sodíkem výrazně přispělo hlavně ke snížení poměru K/Na. Nejnižší hodnoty zde byly zaznamenány u varianty KVK+Na, u níž v roce 1989 po-

klesly v průměru až na hodnotu 10,0, která se již přibližuje požadavkům na výživu zvířat. Výrazný účinek hnojení sodíkem se projevil i v poměru K/Ca+Mg+Na, který rovněž u uvedené varianty poklesl v roce 1989 na nejnižší hodnotu 1,45. Na ostatní poměry např. K/Mg, K/Ca+Mg nemělo hnojení sodíkem podstatný vliv.

Roční dávka 40 kg Na.ha<sup>-1</sup> v NaCl v jarním období se v našem případě ukazuje jako dostatečná. Termín aplikace před první sečí je vhodný i pro nižší obsah sodíku a naopak vyšší obsah draslíku, který bývá pozorován u první seče (Míka, 1980). Aplikaci krmné soli by bylo vhodné uplatnit zejména na pastvinách až po úpravě vzájemných relací v obsahu hlavních živin v půdě vzhledem k účinnosti a ekonomickému efektu aplikace sodíku.

V obsahu nitrátů byla zaznamenána poměrně velká variabilita, proto mezi jednotlivými variantami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (obr. 6). Přesto byl v průměru pozorován nižší obsah nitrátů u variant hnojených sodíkem, šlo zřejmě o interakci s chlórem. Také Míka (1980) uvádí snížení obsahu nitrátů po hnojení draselnou solí. Nepotvrdil se vliv hnojení sodíkem na vyšší obsah fosforu, jak uvádí Šilar (1973). Hnojení sodíkem ve formě NaCl nemělo podstatný vliv na obsah sušiny a další ukazatele výživné hodnoty píce – obsah stravitelných dusíkatých látek a škrobových jednotek. Nepatrně statisticky nevýznamné zvýšení bylo zaznamenáno u vlákniny a popely a snížení u dusíkatých látek a bezdusíkatých látek výtažkových (Tůma, 1990).

## LITERATURA

- JAVORSKÝ, P. a kol.: Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. 1. díl. České Budějovice, MZVŽ ČSR, Výstav. Zeměd. Výž. 1987. 397 s.
- MATULA, J.: Agrochemie. [Skripta.] Praha, VŠZ 1987. 127 s.
- MATULA, J. – ČERNÝ, K. – PŘIBYL, A.: Vliv zásoby výměnných kationtů v půdě a její úpravy hnojením na minerální složení jílku mnohokvětého. *Agrochémia*, 25, 1985: (6): 164–168.
- MATULA, J. – PIRKL, J.: Vyluhovací roztok pro stanovení draslíku, hořčíku, vápníku, sodíku, manganu a rostlinám dostupného fosforu v půdě a hodnoty kationtové výměnné kapacity. [Autorské osvědčení č. 272804.] Praha, Úřad pro vynálezy a objevy 1988.
- MENGEL, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag 1984. 431 s.
- MÍKA, V.: Obsah minerálních látek v trávách. *Studie ČSAV*, 1980 (8): 105.
- MÍKA, V. – KRÁLOVEC, J. – NAŠINEC, J.: Vliv Na-hnojení odrůd srhy na obsah minerálních látek v píci. *Rostl. Výr.*, 23, 1977 (8): 877–887.
- ŠILAR, J.: Význam sodíku ve výživě rostlin. *Stud. Inform. ÚVTIZ*, 1973 (5): 76 s.
- TŮMA, J.: Optimalizace výživy hlavními živinami u dočasných travních porostů na bázi srhy říznačky. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1990. 234 s. – *Vys. Šk. zeměd.*
- TŮMA, J.: Vliv systému hnojení založeného na principu kationtové výměnné kapacity na obsah minerálních látek v srze říznačky. *Rostl. Výr.*, 38, 1992 (6): 503–510.
- TŮMA, J. – MATULA, J.: Změny pH a zásobenosti půd živinami v závislosti na systému hnojení pod dočasným porostem srhy laločnaté. *Rostl. Výr.*, 39, 1993 (4): 363–373.
- TŮMA, J. – MATULA, J.: Vliv stupňovaných dávek dusíku na výtěžek, výživnou hodnotu a minerální složení píce srhy laločnaté. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (4): 241–252.

Došlo 17. 5. 1994

---

### Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Tůma, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

---

## III. KONGRES EUROPEAN SOCIETY FOR AGRONOMY

Mezi významná vědecká setkání pořádaná v roce 1994 patří III. Kongres European Society for Agronomy, který se konal ve dnech 18. až 22. 9. 1994 v Abano Terme v Itálii. Pořadatelem kongresu byla Univerzita v Padově a European Society for Agronomy. Kongresu se účastnilo cca 670 vědeckých pracovníků z 33 zemí světa a bylo zde prezentováno 376 prací (z ČR 11 prací).

Kongres zahájil prezident ESA projevem, ve kterém poukázal na řadu problémů současného zemědělství (zemědělství jako znečišťovatel životního prostředí, kvalita produkce apod.).

Program kongresu byl rozdělen do šesti sekcí:

1. Fyziologie rostlin
2. Agroklimatologie a modelování
3. Vztahy rostlina – půda
4. Kvalita produkce
5. Pěstitelské systémy
6. Vztahy zemědělství – životní prostředí

Úvodní přednášku sekce 1 na téma *Rostlinná fyziologie: od maximálních výnosů k trvale udržitelnému zemědělství* přednesl prof. N á t r z PŘF UK v Praze. Dále byly předneseny přednášky týkající se regulace příjmu nitratů špenátem, vlivu CO<sub>2</sub> a teploty na růst, vývoj a výnos plodin apod.

V sekci 2 byla diskutována především otázka závlah a využití vody (např. Villalobos a kol.: *Zlepšení využití vody v pěstitelských systémech trvale udržitelného zemědělství*), ale i modelování příjmu živin (B u y s e a kol.: *Modelování příjmu nitratů kořenovým systémem*).

Sekce 3 byla zaměřena na otázky živin, především dusíku (B o d s o n a kol.: *Studie dynamiky příjmu du-*

*síku aplikovaného postřikem u ozimé pšenice*; S i m o n i s a kol.: *Anorganický půdní dusík a poměr C : N v řeckých půdách*; J u s t e s a kol.: *Nová metoda stanovení dávky dusíkatého hnojení pro ozimou pšenici*).

V sekci 4 byl zdůrazněn požadavek na vysokou kvalitu produkce (A m a d u c c i a kol.: *Faktory ovlivňující kvalitu cukrovky*) a byla diskutována otázka výzkumu této problematiky (L e B a i l: *Kvalita produkce: otázky výzkumu*).

Sekce 5 byla zaměřena na otázky pěstitelských systémů (B o n a r i: *Plodinové a pěstitelské systémy v oblasti středomoří*); V a n E r p: *Integrovaná výživa rostlin na farmách*).

Sekci 6 zahájil zajímavou přednáškou prof. K e e n e y z Iowa State University, USA: *Trvale udržitelné zemědělství a využití půdy: úkoly a perspektivy*. Dále byla přednesena přednáška týkající se nového problému (H u t s c h a kol.: *Vliv půdního pH a hnojení dusíkem na oxidaci metanu apod.*).

V odpoledních hodinách probíhaly diskuse na různá témata:

- bilance dusíku v osevních postupech
- stanovení obsahu nitratu v půdě a rostlinách,
- vliv stresu na množství a kvalitu semen,
- modelování osevních postupů,
- standardizace modelů v rostlinné výrobě,
- informační technologie v zemědělství.

Jednání kongresu mělo vysokou úroveň a přineslo řadu zajímavých poznatků. Příští kongres se bude konat 7. až 11. 7. 1996 v Holandsku (Veldhoven a Wageningen).

*Ing. Daniela Pavlíková, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika*

# THE EFFECT OF PEA PLANT HABIT ON SYMBIOTIC TRAITS AND PLANT GROWTH

## VLIV HABITU HRACHU NA SYMBIOTICKÉ VLASTNOSTI A RŮST ROSTLIN

T. Šimon, S. Kálalová

Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic

**ABSTRACT:** Nitrogen fixation ability and growth of two pea cultivars (*Pisum sativum* L.) (M ISO G and Frogel) were observed in hydroponical and pot experiment with soil. These cultivars included three different plant habits – conventional, semi-leafless and leafless. The highest values of traits observed were reached by a conventional habit identical in both cultivars. Lower values were recorded in leafless habit. *Rhizobium* strains efficiency and their compatibility was not lost by breeding for altered habit. Symbiosis with effective strain partly eliminated disadvantage of leaves absence in leafless type. In most characteristics Frogel reached higher values than M ISO G. From point of view of N<sub>2</sub> fixation and growth conventional habit the best one was followed by semi-leafless plant type.

pea; habit; symbiotic traits; plant growth; nitrogen fixation

**ABSTRAKT:** V hydroponickém a nádobovém pokusu se zeminou byla sledována N<sub>2</sub> fixační schopnost a růst dvou odrůd hrachu (*Pisum sativum* L.) (M ISO G, Frogel). Tyto odrůdy měly tři odlišné růstové typy: konvenční, semi-leafless a leafless. U většiny sledovaných znaků dosáhl nejvyšších hodnot konvenční habitus. Nižší hodnoty byly zaznamenány u leafless habitu u obou odrůd. Efektivita kmenů *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* a jejich kompatibilita nebyla změnou habitu porušena. Symbióza s efektivním kmenem částečně eliminovala nevýhodu absence listů u leafless habitu. Odrůda Frogel dosahovala u většiny sledovaných znaků vyšších hodnot než odrůda M ISO G. Z hlediska efektivity fixace dusíku a růstu rostlin se jako nejvýhodnější ukazoval konvenční habitus následovaný semi-leafless habitem.

hrách; habitus; symbiotické vlastnosti; růst rostlin; fixace dusíku

### INTRODUCTION

The pea plants (*Pisum sativum* L.) are bred to develop an improved ideotype. Introduction of genes coding for short internodes, conversion of leaflets to tendrils, altered stipule size forms re-design plant habit. Plant ideotypes (semi-leafless, leafless) are frequently tested for stability of seed yield. The most important role in seed production is attributed to photosynthesis and dinitrogen fixation. Just these two characteristics may be influenced by altered plant habit. Nitrogen fixation is dependent on supplying through carbon skeletons to a great degree. High rates of photosynthesis positively affect both nitrogen fixation (Hardy, Havelka, 1976; Phillips et al., 1976) and plant growth. However, excessive production of pods can lead to competition against root nodules for carbon as a source of energy. Efficiency of N<sub>2</sub> fixation may be decreased by this fact. Improved plant types which have altered leaves/roots ratio can also have altered nitrogen fixation, its duration and efficiency. Response to a re-

spective *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* inoculum strain may differ from conventional plant type.

Evaluation of two cultivars (each of them has the conventional, semi-leafless and leafless habits) inoculated with three different *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strains was the aim of the study. We were interested in dinitrogen fixation and plant growth in hydroponic and soil conditions.

### MATERIAL AND METHODS

#### Strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*

Three strains of *R. leguminosarum* bv. *viciae* were used. The strain 128C30 was received from Nitragin Company Ltd., Milwaukee, Wisconsin, USA. Strain T 120 was isolated from nodules of pea grown at the Horní Moštěnice Breeding Station, Czech Republic. Strain G 38 was obtained from Institute of Agronomy and Plant Breeding, Göttingen, Germany.

## Pea plants

Two German pea cultivars (M ISO G, Frogel) with three habits (conventional, semi-leafless and leafless) were included in the experiment. These pea cultivars were also obtained from Institute of Agronomy and Plant Breeding, Göttingen, Germany.

### Type of experiments

#### 1) Hydroponic experiment

Pea seeds were surface sterilized in 0.2% HgCl<sub>2</sub>, and after pre-germination planted in plastic containers filled with perlite (150 ml). During planting seedlings were inoculated with 1 ml (1 x 10<sup>9</sup> cells per ml) of suspension of the respective rhizobial strain. The plants were cultivated hydroponically. A nutrient solution had the following composition: 0.870 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.135 g FeCl<sub>3</sub>·6 H<sub>2</sub>O, 0.735 g CaCl<sub>2</sub>·2 H<sub>2</sub>O, 0.246 g MgSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O, 90 µg (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>4</sub>, 486 µg CuSO<sub>4</sub>·5 H<sub>2</sub>O, 250 µg MnCl<sub>2</sub>·4 H<sub>2</sub>O, 60 µg ZnSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O and traces of Co per 1 l of deionized water. The nutrient solution was replaced every week. Each treatment in the trial

had 12 replications. The plants were cultivated in a greenhouse. No artificial illumination was used. Temperature was partly regulated by ventilation (approximately 20 to 24 °C/16 °C day/night). Two harvests during the growth were made. In the first harvest (44 days after emergence – anthesis) total nitrogenase activity was measured (TNA) (Hardy et al., 1973), and nodule number, nodule dry weight, shoot and root dry weights were determined. Second harvest was made at the stage of full seed development. Yield components were determined.

#### 2) Pot experiment

Three pea seeds for each treatment were planted in plastic pots with perforated bottoms. The pots contained 5 kg of sifted and mixed soil from the plots of the Research Institute of Plant Production, Praha-Ruzyně. The soil of this locality is orthic luvisol on loess, the content of basic nutrients at the beginning of experiment was (mg/kg): P 73, K 212, Mg 198, N<sub>t</sub> 0.11, pH/KCl 7.2. Immediately after planting, the seeds were inoculated with 10 ml (10<sup>9</sup> cells per ml) of the respective *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strain suspension. One treatment without inoculation which

I. Shoot and root dry weight of hydroponically and pot-grown pea after inoculation by various *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strains

Cultivar	Habit	Strain	Shoot dry weight (g/plant)		Root dry weight (g/plant)	
			H*	S**	H*	S**
M ISO G	conventional	128C30	1.82 <sup>f</sup>	2.40 <sup>d-k</sup>	0.23 <sup>g, h</sup>	0.38 <sup>a-c</sup>
		T120	0.96 <sup>a-c</sup>	3.31 <sup>k</sup>	0.17 <sup>b, g</sup>	0.47 <sup>a-c</sup>
		G38	1.37 <sup>d-g</sup>	2.40 <sup>d-k</sup>	0.17 <sup>b, g</sup>	0.41 <sup>a-c</sup>
		non inoculated	–	2.39 <sup>c-k</sup>	–	0.33 <sup>a-c</sup>
	semi-leafless	128C30	1.45 <sup>c-g</sup>	2.20 <sup>e-j</sup>	0.17 <sup>b, g</sup>	0.42 <sup>a-c</sup>
		T120	0.71 <sup>a-c</sup>	2.14 <sup>b-i</sup>	0.08 <sup>a, b</sup>	0.32 <sup>a, b</sup>
		G38	0.59 <sup>a-c</sup>	2.63 <sup>f-k</sup>	0.10 <sup>a-d</sup>	0.27 <sup>a, b</sup>
		non inoculated	–	2.13 <sup>b-i</sup>	–	0.30 <sup>a, b</sup>
	leafless	128C30	0.79 <sup>a-d</sup>	1.56 <sup>a-c</sup>	0.11 <sup>a-c</sup>	0.23 <sup>a, b</sup>
		T120	0.43 <sup>a, b</sup>	1.38 <sup>a-c</sup>	0.09 <sup>a-c</sup>	0.16 <sup>a</sup>
		G38	0.41 <sup>a</sup>	1.15 <sup>a, b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>
		non inoculated	–	1.09 <sup>a</sup>	–	0.14 <sup>a</sup>
Frogel	conventional	128C30	2.00 <sup>g</sup>	3.17 <sup>j, k</sup>	0.28 <sup>h</sup>	0.71 <sup>c</sup>
		T120	1.44 <sup>c-g</sup>	3.13 <sup>j-k</sup>	0.18 <sup>c-g</sup>	0.44 <sup>a-c</sup>
		G38	1.59 <sup>c-g</sup>	3.25 <sup>k</sup>	0.20 <sup>f-h</sup>	0.71 <sup>c</sup>
		non inoculated	–	2.79 <sup>h-k</sup>	–	0.59 <sup>b, c</sup>
	semi-leafless	128C30	1.73 <sup>f, g</sup>	2.55 <sup>e-k</sup>	0.19 <sup>d-h</sup>	0.61 <sup>b, c</sup>
		T120	1.38 <sup>d-g</sup>	2.82 <sup>h-k</sup>	0.12 <sup>a-f</sup>	0.46 <sup>a-c</sup>
		G38	1.08 <sup>b-e</sup>	3.01 <sup>i-k</sup>	0.20 <sup>d-h</sup>	0.47 <sup>a-c</sup>
		non inoculated	–	2.69 <sup>g-k</sup>	–	0.42 <sup>a-c</sup>
	leafless	128C30	1.21 <sup>c-f</sup>	1.65 <sup>a-f</sup>	0.18 <sup>c-g</sup>	0.30 <sup>a, b</sup>
		T120	0.63 <sup>a-c</sup>	1.70 <sup>a-g</sup>	0.11 <sup>a-c</sup>	0.25 <sup>a, b</sup>
		G38	0.67 <sup>a-c</sup>	1.51 <sup>a-d</sup>	0.12 <sup>a-f</sup>	0.25 <sup>a, b</sup>
		non inoculated	–	1.90 <sup>a-h</sup>	–	0.31 <sup>a, b</sup>

\* hydroponic experiment in perlite

\*\* pot experiment with soil

The means not indexed with the same letter are significantly different at 95% Tukey HSD intervals

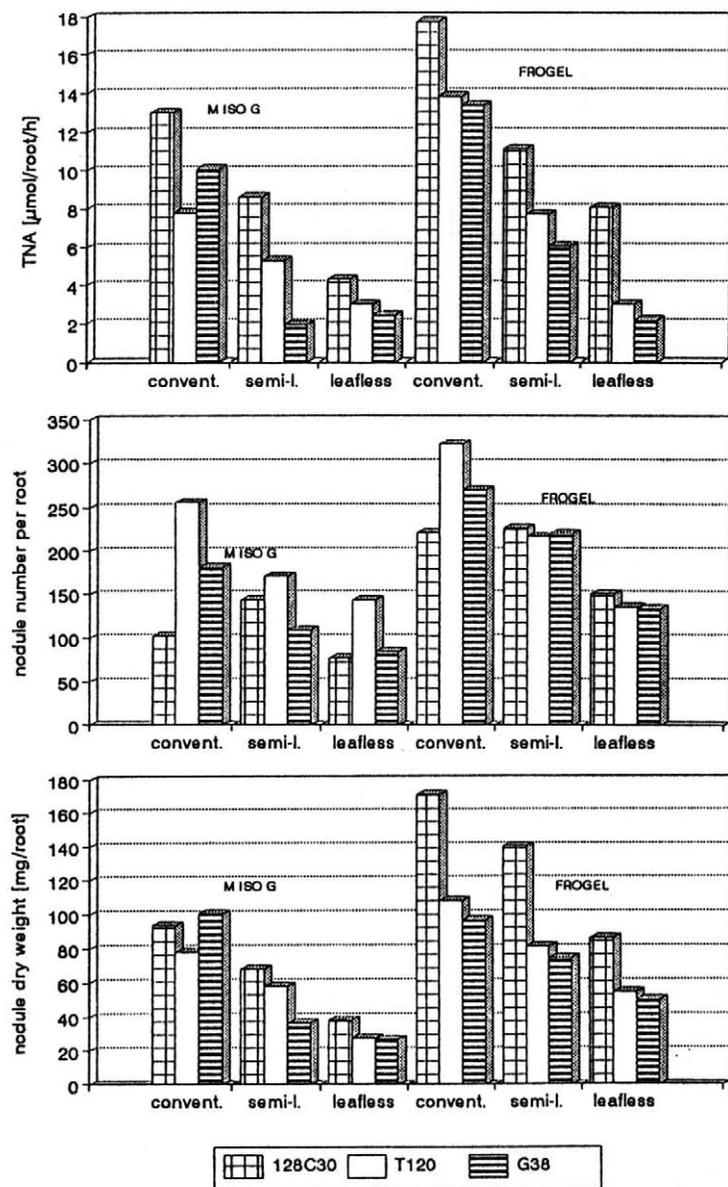
represented native soil rhizobial population was included as a control. The surface of all pots was covered with 2 cm layer of medium-coarse quartz sand.

The pots were placed in a vegetation hall during the growing season. The required moisture content was provided by regular watering. Artificial illumination was not used. Daily temperatures ranged from 20 to 27 °C, night ones from 10 to 18 °C. Each treatment had six replications. At the beginning of flowering (52 days after planting) the harvest was made. Total nitrogenase activity, nodule number, nodule dry weight, and root and shoot dry weights were determined. All results

from the both experiments were statistically processed by a multiway analysis of variance.

## RESULTS AND DISCUSSION

The basic symbiotic traits of cultivars tested are shown in Figs 1 to 3, 7 to 9 and in Tab. I. The highest values of characteristics were found in the conventional habit. The lowest values were observed in the leafless habits. Values differed in all cases significantly (Tab. II). A similar trend was found in nodule forma-

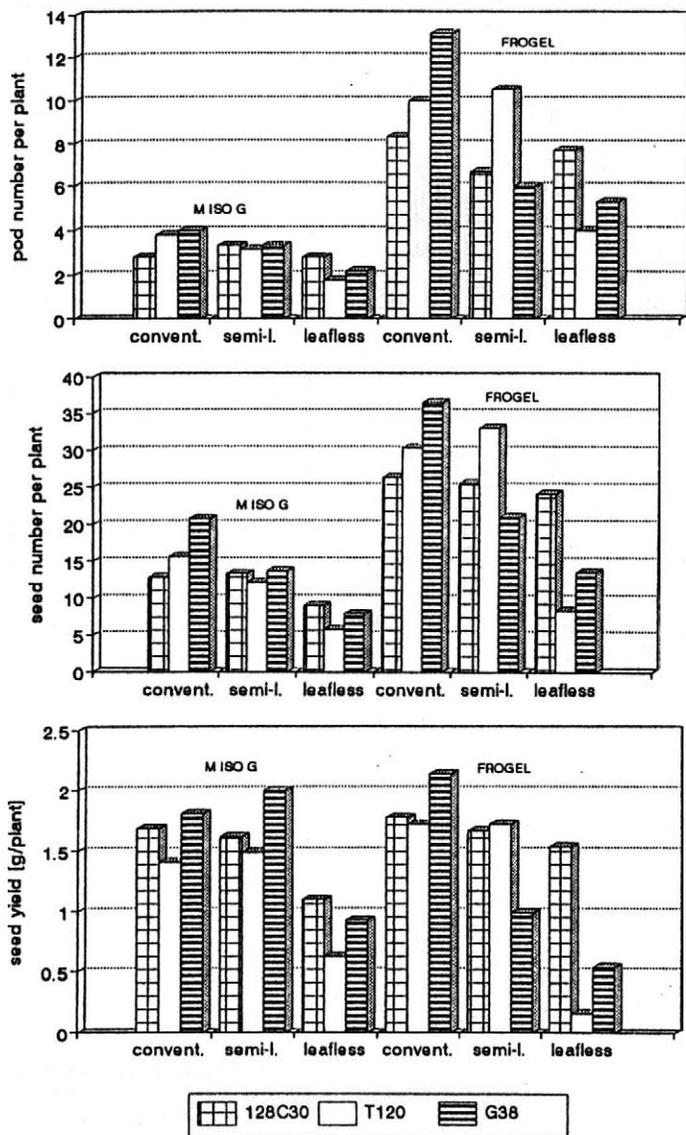


1.-3. Symbiotic traits of different pea ideotypes inoculated with various strains in hydroponic experiment

tion and nitrogenase activity. Leafless habit had plant biomass reduced by 20 to 90% in comparison with non-modified habit. Shoot:root ratio was about 7.3:1 in conventional and semi-leafless habit, in leafless habit this relationship was similar 6.1:1. In both cultivars leafless habit formed the smallest number of pods and seeds per plant (Figs 4 to 6). It corresponds with the fact that leafless habit showed the greatest modifications compared to the conventional plant type. Reduced sources of usable energy coming into the nitrogenase cycling prevented efficient nitrogen fixation and reduced pod formation and seed yield as well. Comparing the two tested cultivars it was obvious that Frogel showed in majority of characteristics higher values than

M ISO G. Frogel is more productive both in conventional and leafless state, that testifies to the fact that production traits were not lost by breeding for altered habit.

Like in our experiments a significant effect inoculum strain applied has been already reported by Hobbs, Mahon (1982) and Skøt (1983). Especially strain 128C30, described as Hup<sup>+</sup> (Mahon, Nelson, 1986), in hydroponic experiment used in the combination with Frogel, formed the highest root nodule biomass, with the highest nitrogenase activity, nevertheless, Frogel had a lot of dry weight of nodules and had high TNA, in combination with all inoculation strains (Figs 1 to 3). It was interesting that the above-

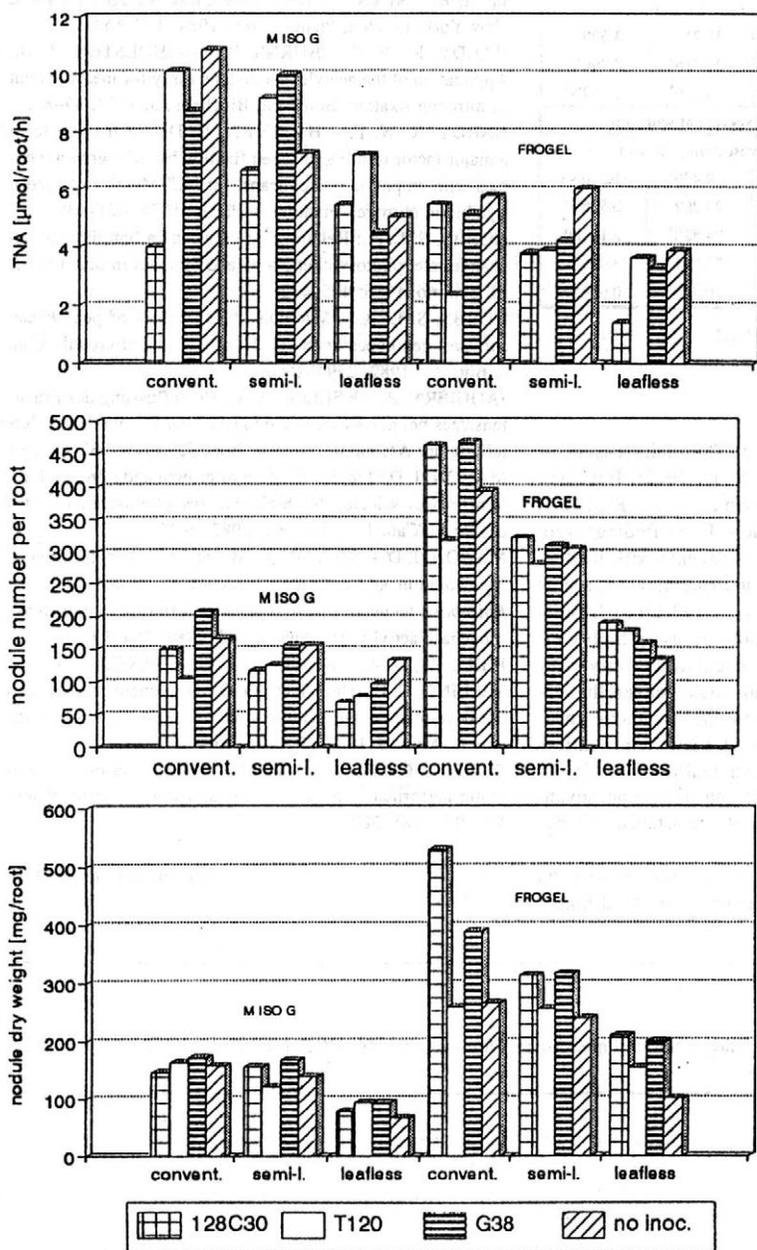


4.-6. Yield characteristics of different pea ideotypes in hydroponic experiment

-mentioned strain when inoculated to the leafless habit succeeded in hydroponic experiment to reduce the handicap of leaves absence, and during vegetation period balanced pod and seed number per plant and therefore also yield with non-modified habit. In pot experiment with soil there was the role of inoculum strains made difficult by indigenous rhizobia which occurred in this soil in amount of  $10^5$  cells per g. These rhizobia were a natural competition for inoculum strains (Devine, 1984). Irrespective of this barrier, selected

strains overcame it and made up an effective symbiosis. Compatibility with selected and indigenous *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strains did not change by breeding for altered plant state.

Bertholdsson (1990), who studied conventional and semi-leafless pea plant habits, showed that stipules might be of more importance to root growth and nitrogen fixation than leaves. He found out the highest protein content in genotypes with large stipules and small leaves. Nevertheless, yet many leafless geno-



7.-9. Symbiotic traits of different pea ideotypes inoculated with various strains in pot experiment with soil

II. Statistical evaluation (*F*) of hydroponic and pot experiments with conventional, semi-leafless and leafless habits of two pea varieties

Parameters	Strain	Cultivar	Strain x cultivar
hydroponic experiment			
harvest during growth			
TNA	26.585 <sup>x</sup>	45.521 <sup>x</sup>	1.139NS
Nodule number	5.875 <sup>x</sup>	15.290 <sup>x</sup>	1.561NS
Nodule dry weight	24.177 <sup>x</sup>	36.354 <sup>x</sup>	3.039 <sup>x</sup>
Shoot dry weight	38.635 <sup>x</sup>	33.757 <sup>x</sup>	1.401NS
Root dry weight	20.891 <sup>x</sup>	19.690 <sup>x</sup>	1.408NS
final harvest			
Pod number	0.924NS	31.716 <sup>x</sup>	3.529 <sup>x</sup>
Seed number	0.263NS	21.116 <sup>x</sup>	2.790 <sup>x</sup>
Seed yield	2.287NS	6.819 <sup>x</sup>	1.509NS
pot experiment with soil			
harvest during growth			
TNA	2.409NS	9.486 <sup>x</sup>	1.370NS
Nodule number	1.287NS	25.202 <sup>x</sup>	0.526NS
Nodule dry weight	6.920 <sup>x</sup>	34.828 <sup>x</sup>	2.101NS
Shoot dry weight	1.924NS	53.931 <sup>x</sup>	2.039 <sup>x</sup>
Root dry weight	2.266NS	20.907 <sup>x</sup>	0.924NS

<sup>x</sup> significant differences at *P* = 0.05% level  
NS no significant differences

types show low protein content. The main reason for this is reduced leaf area (Mahon, 1982; Hobbs, 1986), small root system (Jaquiéry, Keller, 1978) and low dinitrogen fixation. These findings were confirmed by our results of experiments with leafless plant habit. From results of our experiments it seems that disadvantage of leaves absence in leafless habit is possible to be eliminated partially by using highly effective *Rhizobium* strain for inoculation. Only very hard working nitrogenase system could convert the majority of carbon from the limited photosynthetic apparatus. From agronomic point of view semi-leafless habit seemed to be better than leafless one, it approached to conventional habit and had some advantage of leafless habit (for example, resistance to lodging).

In conclusion, plant habit which manages to form fully effective nitrogenase system with selected *Rhizo-*

*bium* strains and uses all carbon sources without regard to a conventional or modified habit, is the best one from the point of view of nitrogen fixation and growth.

REFERENCES

BERTHOLDSSON, N. O.: The influence of the pea plant ideotype on seed protein content and seed yield. *J. Agron. Crop Sci.*, 164, 1990: 54–67.

DEVINE, T. A.: Genetics and breeding of nitrogen fixation. In: ALEXANDER, M. (ed.): *Biological Nitrogen Fixation*. New York, London, Plenum Press 1984: 127–154.

HARDY, R. W. F. – BURNS, R. C. – HOLSTEN, R. D.: Application of the acetylene–ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biol. Biochem.*, 3, 1973: 47–81.

HARDY, R. W. F. – HAVELKA, U. D.: Photosynthate as a major factor limiting nitrogen fixation by field-grown legumes with emphasis on soybeans. In: NUTMAN, P. S. (ed.): *Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants*. 1976: 421–439.

HOBBS, S. L. A.: Relationship between carbon dioxide exchange rate, photosynthetic area and biomass in pea. *Can. J. Pl. Sci.*, 66, 1986: 465–472.

HOBBS, S. L. A. – MAHON, J. D.: Effect of pea (*Pisum sativum*) genotypes on N<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) fixation and growth. *Can. J. Bot.*, 60, 1982: 2594–2600.

JAQUIÉRY, R. – KELLER, E. K.: Beeinflussung des Fruchtansatzes bei der Ackerbohne (*Vicia faba* L.) durch die Verteilung der Assimilate. *Angew. Bot.*, 52, 1978: 261–276.

MAHON, J. D.: Field evaluation of growth and nitrogen fixation in peas selected for high and low photosynthetic CO<sub>2</sub> exchange. *Can. J. Pl. Sci.*, 62, 1982: 5–17.

MAHON, J. D. – NELSON, L. M.: The relationship between H<sub>2</sub> evolution and acetylene reduction in *Pisum sativum* – *Rhizobium leguminosarum* symbioses differing in uptake hydrogenase activity. *Pl. Physiol.*, 82, 1986: 154–159.

PHILLIPS, D. A. – NEWELL, K. D. – HASSELL, S. A. – TELLING, C. E.: The effect of CO<sub>2</sub> enrichment on root nodule development and symbiotic N<sub>2</sub> reduction in *Pisum sativum* L. *Amer. J. Bot.*, 63, 1976: 356–362.

SKØT, L.: Cultivar and *Rhizobium* strain effect on the symbiotic performance of pea (*Pisum sativum*). *Physiol. Plant.*, 59, 1983: 585–589.

Received on July 22, 1994

Contact Address:

Ing. Tomáš Šimon, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

# ZMENY PRODUKČNÝCH A KVALITATÍVNYCH PARAMETROV CUKROVEJ REPY VPLYVOM FORIEM A DÁVOK HNOJÍV

## CHANGES IN PRODUCTIVE AND QUALITATIVE PARAMETERS OF SUGAR BEET DUE TO THE FORMS AND DOSES OF FERTILIZERS

E. Riník, I. Šanta

*Regional Research Institute of Agroecology, Michalovce, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** In the years 1989 to 1992 polyfactorial field trials were conducted on experimental sites of the Regional Research Institute of Agroecology, Michalovce to solve also the problem of sugar beet nutrition. Sugar beet was cultivated in alluvial and alluvial gleyic soils after winter wheat. The manure (in a dose of  $45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and ground limestone (in a dose of  $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) were applied after the harvest of forecrop. In view of nutrition the trials included treatments  $H_1$  to  $H_5$ . The nutrient doses needed were calculated by the balance method, and in alluvial soil it was NPK  $309.9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  of pure nutrients, at a ratio of nutrients 1:0.51:0.91 and in alluvial gleyic soil it was  $324.6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  at a ratio of nutrients 1:0.53:1.01. For basic fertilization liquid PK salt was applied on the stubble and during presowing treatment with fertilizer DAM 390 two-thirds of nitrogen dose needed were supplied in the treatments  $H_1$  to  $H_4$ . Treatment  $H_5$  was unfertilized control. In leaf dressing by one-third of nitrogen treatments were different by the form of fertilizer applied: DAM 390 ( $H_1$ ), FOSTIM ( $H_2$ ,  $H_3$ ) or LAV ( $H_4$ ). When liquid fertilizers were applied the yield of sugar beet increased by 22.9% in alluvial soil and by 29% ( $H_1$ ) in alluvial gleyic soil. Medium to high linear dependence of the yield production was found out on supplied doses of nutrients and forms of fertilizers ( $r = 0.59$  to  $0.88$ ); 1 kg of supplied pure nutrients produced 19.0 to 40.0 kg in alluvial soil and 42.2 to 48.6 kg of roots in alluvial gleyic soil. The highest production effect of nutrients was achieved when only liquid fertilizer was applied and dressing by DAM 390. Raised dose of nutrients resulted in decrease in digestion, the content of ashes and MB-factor values rose. Application of liquid manure significantly reduced a negative impact on the quality of sugar beet due to the higher doses of nutrients applied compared with parameters after dressing by solid fertilizer – ammonium-calcerous nitrate. An effect of fertilization by liquid fertilizers was more significant in alluvial gleyic soil, that is in the soil with lower natural yield potential.

sugar beet; soil; fertilization; yield; production; quality

**ABSTRAKT:** V polyfaktoriálnych poľných pokusoch Oblastného výskumného ústavu agroekológie, Michalovce v rokoch 1989 až 1992 pri riešení výživy cukrovej repy na nivnej a nivnej glejovej pôde po ozimnej pšenici boli získané tieto výsledky: Hnojením kvapalnými hnojivami bola úroda buliev zvýšená na nivnej pôde o 22,9 % a nivnej pôde glejovej o 29,0 %. Bola zistená stredná až vysoká lineárna závislosť tvorby úrody od dodaných dávok živín a foriem hnojiva ( $r = 0,59$  až  $0,88$ ). Dodaným 1 kg čistých živín bolo vyprodukované na nivnej pôde 19,0 až 40,0 kg a na nivnej pôde glejovej 42,2 až 48,6 kg buliev. Najvyšší produkčný efekt živín bol po aplikovaní len kvapalných hnojív a prihnojení DAM 390. Zvyšovanou dávkou živín klesala digestia, stúpal obsah popolovín a hodnoty MB-faktora. Aplikovaním kvapalných hnojív sa výrazne zmierňovali negatívne účinky na kvalitu cukrovej repy vplyvom použitých vyšších dávok živín v porovnaní s parametrami po prihnojení tuhým hnojivom liadkom amónno-vápenatým. Efekt hnojenia kvapalnými hnojivami bol výraznejší na nivnej pôde glejovej, teda s nižším prirodzeným úrodovým potenciálom.

cukrová repa; pôda; hnojenie; úroda; produkcia; kvalita

### ÚVOD

V rámci pestovateľských technológií cukrovej repy pôsobí výživa nielen na tvorbu úrody, ale aj na kvalitu buliev. Komplexným hodnotením analýzy pôdy a listov, prípadne celých rastlín možno výživu cukrovej repy racionálne usmerňovať. Veľmi rýchlo účinným a re-

gulovateľným zásahom do celkového vegetačného procesu cukrovej repy je forma a úroveň výživy. Autori si preto v tomto príspevku stanovili za cieľ hľadať vhodnú formu prísunu potrebných živín k cukrovej repe pestovanej v regióne Východoslovenskej nížiny. Predkladajú možnosť použitia aj kvapalných hnojív v pestovateľskom systéme cukrovej repy.

V priebehu vegetačného procesu a hlavne pri tvorbe hospodárskej úrody cukrovej repy je veľmi významný ročník, ktorý ako neregulovateľný objektívny činiteľ spôsobuje jej značnú variabilitu (B a j č i, T o m á n k o v á, 1991; R i n í k, 1993; Š a n t a, 1993). Z regulovateľných faktorov pôsobiaciach na kvantitu a kvalitu cukrovej repy zaujíma popredné miesto vyvážená výživa a dávkovanie hnojiva na základe pôdnych rozborov. Cukrová repa reaguje úrodou i jej kvalitou na obsah minerálneho dusíka v pôde, ktorý úzko súvisí s intenzitou hnojenia dusíkom (B í z i k, 1983a).

Z hľadiska eliminovania niektorých negatívnych účinkov pestovateľského prostredia je nevyhnutný diferencovaný prístup k stanoveniu optimálnych dávok dusíka a jeho formy aplikovania k cukrovej repke (B í z i k, 1983a, b; P u l k r á b e k, 1983; R i m á r, 1991; Š a n t a, 1993). Výživa rastlín cez list je len doplnkovou výživou, avšak má výhodu v tom, že prijaté živiny sa rýchlejšie využívajú, čo umožňuje robiť v krátkom čase korekcie vo výžive. Požiadavke rýchlej účinnosti často nevyhovujú tuhé hnojivá pri ich použití na list, lebo po rozhoďení na suchý povrch pôdy sa nedostanú do kontaktu s povrchom koreňov (B í z i k, 1983b).

B a j č i, R ú č k a (1984) zistili, že hnojivo DAM 390 má pozitívny vplyv na cukrnatosť a prispieva k zníženiu obsahu melasotvorných látok, ak je aplikované pred sejbou. Pozitívne výsledky dosiahol aj T i c h ý (1986) s aplikáciou DAM 390. V porovnaní s liadkom amónnym s dolomitom a liadkom amónno-vápenatým použitým na foliárnu výživu mal DAM 390 priaznivejšie účinky (B a j č i, 1987). Kvapalné hnojivá možno použiť obdobne ako tuhé formy, avšak pri rešpektovaní dávky dusíka vzhľadom na nároky plodiny. Aj B í z i k (1983a, b), Č u m a k o v (1988) odporúčajú zamerať sa na hnojenie kvapalnými hnojivami podľa zistenej potreby. Nadbytočné hnojenie dusíkom je nežiadúce a zhoršuje aj kvalitu suroviny pre cukrovar

(Turner, 1989). Stupňované dávky negatívne vplyvajú na obsah digescie v koreni cukrovej repy. V priemere sledovaných rokov poklesla digescia zo 17,30 % pri nulovej dávke dusíka na 15,05 % pri aplikácii 240 kg N.ha<sup>-1</sup>. Súčasne so stupňovaním dávok dusíka stúpala obsah konduktometrického popola v koreni cukrovej repy. Výnos rafinády bol najvyšší pri dávke 60 až 120 kg N.ha<sup>-1</sup>, avšak už od 60 kg N.ha<sup>-1</sup> vplyvom rastúcich dávok dusíka klesala až o 16,6 % (P u l k r á b e k, 1983).

## MATERIÁL A METÓDA

Riešením problematiky v rokoch 1989 až 1992 boli získané výsledky zo stacionárnych polyfaktoriálnych poľných pokusov na účelových pracoviskách OVÚA Michalovce. Experimentovalo sa na nivných pôdach vo Vysokej nad Uhom a nivných pôdach glejových v Milhostove.

Nivné pôdy (NP) sú vývojovo najmladšie v regióne Východoslovenskej nížiny, sú hlboké, hlinité bez štrkovitosti, dobre priepustné v celom profile. Ornica je hrudkovitá až drobnohrudkovitá, drobivej až kyprej konzistencie. Podorničie je priepustné. Pôdotvorným substrátom sú aluviálne náplavy rieky Uh.

Nivné pôdy glejové (NPG) sú veľmi ťažké, málo priepustné v celom profile, obsahujú nad 75 % flovitých častíc. V hĺbke od 1 500 mm sa nachádza silná nepriepustná vrstva flu. Pôdy sú veľmi ťažko obrábateľné. Majú hrudkovitú štruktúru s vysokou pútačou schopnosťou.

Základné parametre pre charakteristiku pokusného stanovišťa sú uvedené v tab. I. Výskum výživy cukrovej repy bol realizovaný v uzavretom systéme striedania plodín s rotáciou: cukrová repa – jarný jačmeň – ďatelina lúčna – ďatelina lúčna – ozimná pšenica. V poľ-

I. Charakteristika pokusného stanovišťa – Characteristics of experimental sites

Ukazovateľ <sup>1</sup>	Experimentálne pracovisko <sup>11</sup>	
	Vysoká nad Uhom	Milhostov
Výrobná oblasť <sup>2</sup>	kukuričná <sup>12</sup>	kukuričná
Nadmorská výška <sup>3</sup>	(m)	
Priemerná ročná teplota <sup>4</sup>	(°C)	
Teplota vzduchu vo vegetačnom období <sup>5</sup>	(°C)	
Ročný úhrn zrážok <sup>6</sup>	(mm)	
Zrážky za vegetačné obdobie <sup>7</sup>	(mm)	
Priemerné agrochemické vlastnosti <sup>8</sup>		
Obsah humusu <sup>9</sup>	(%)	
CaCO <sub>3</sub>		
pH/KCl		
N celk. <sup>10</sup>	(%)	
P	(mg.kg <sup>-1</sup> )	
K	(mg.kg <sup>-1</sup> )	
Mg	(mg.kg <sup>-1</sup> )	

<sup>1</sup>parameter, <sup>2</sup>production region, <sup>3</sup>altitude, <sup>4</sup>average annual temperature, <sup>5</sup>air temperature during growing season, <sup>6</sup>annual sum of precipitation, <sup>7</sup>precipitation during growing season, <sup>8</sup>average agrochemical conditions, <sup>9</sup>humus content, <sup>10</sup>N tot., <sup>11</sup>experimental site, <sup>12</sup>maize

II. Varianty hnojenia cukrovej repy (kg.ha<sup>-1</sup>) – Fertilization treatments of sugar beet (kg.ha<sup>-1</sup>)

Ukazovateľ <sup>1</sup>	Nivná pôda <sup>6</sup>				Nivná pôda glejová <sup>7</sup>				
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	
Na strnisko kvapalná PK soľ <sup>2</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	P	65,60	65,60	56,15	65,60	68,10	71,60	58,65	69,60
	K	116,70	116,70	112,00	116,70	128,95	128,95	131,65	124,70
Pred sejbou DAM 390 <sup>3</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )		89,30	89,30	72,80	89,3	89,30	89,30	72,80	89,30
Prihnojenie na list <sup>4</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	DAM 390	FOSTIM	FOSTIM	LAV	DAM 390	FOSTIM	FOSTIM	LAV	
		38,30	38,30	31,25	38,30	38,20	38,20	31,25	38,25
Celková dávka N <sup>5</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )		127,6	157,6	104,05	127,6	127,5	127,5	104,05	127,55

<sup>1</sup>parameter, <sup>2</sup>liquid PK salt applied on stubble, <sup>3</sup>DAM 390 applied before sowing, <sup>4</sup>leaf dressing, <sup>5</sup>total dose of N, <sup>6</sup>alluvial soil, <sup>7</sup>alluvial gleyic soil

ných pokusoch boli zaradené varianty H<sub>1</sub> až H<sub>5</sub> (tab. II). Vo variantoch H<sub>1</sub> až H<sub>3</sub> bolo hnojenie v jeseň, pred sejbou a na list len kvapalnými hnojivami (PK soľ, DAM 390 a FOSTIM), kým vo variante H<sub>4</sub> bolo prihnojenie na list v tuhej forme liadkom amónnovápenatým. V pokuse bol aj variant H<sub>5</sub> bez hnojenia. Jednotlivé varianty (H<sub>1</sub> až H<sub>4</sub>) boli zvolené predovšetkým s cieľom zistiť vplyv použitej formy dusíkatých hnojív aplikovaných foliárne po okopávke cukrovej repy pri dodržaní rovnakých všetkých ostatných podmienok. Potreba dávok živín k cukrovej repe bola vypočítaná bilančnou metódou (Bedrna, Lopatník, 1983).

Po zbere predplodiny ozimnej pšenice bola aplikovaná v hnojených variantoch H<sub>1</sub> až H<sub>4</sub> kvapalná PK soľ a podmietkou do hĺbky 80 až 100 mm bola zapravená do pôdy. Po podmietke 4 až 6 týždňov bol pozemok vyvápnený mletým vápcom v dávke 6 t.ha<sup>-1</sup> a vyhnojený maštaľným hnojom dávkou 45 t.ha<sup>-1</sup>. Do konca októbra bola uskutočnená hlboká orba do 300 mm. Na jar po smykaní pri predsejbovej príprave bol aplikovaný okrem kontroly v každom variante DAM 390, ktorým boli dodané dve tretiny z vypočítanej celkovej dávky dusíka. Jedna tretina potreby dusíka na foliárnu aplikáciu v jednotlivých variantoch bola dodaná buď vo forme kvapalného hnojiva DAM 390, alebo FOSTIM a pre porovnateľnosť s tuhou formou bol použitý na list liadok amónnovápenatý (tab. II). Po prihnojení nasledovalo druhé plečkovanie.

Pokusy boli zakladané blokovo metódou v štyroch opakovaníach s veľkosťou každej pokusnej parcelky 10 x 5 m. Vysievaná bola odroda Imona. Výsledky získané z poľných pokusov boli matematicko-štatisticky spracované a vyhodnotené analýzou rozptylu a pre vybrané parametre boli vypočítané korelácie – regresie. Sú analyzované exaktne výsledky získané z poľných pokusov vedených v reprezentatívnych agroekologických podmienkach Východoslovenskej nížiny.

VÝSLEDKY

Analýzou variancie jednotlivých rozhodujúcich faktorov bolo zistené, že sa na ich zmenách podieľal štatisticky vysoko významne ročník, pôdny typ, úroveň výživy a ich vzájomné interakcie. Predovšetkým bola výživou ovplyvnená štatisticky významne tvorba úrody buliev cukrovej repy a jej kvalita (tab. III).

V priemere za pokusné obdobie bola úroda buliev cukrovej repy na nivnej pôde 63,20 t.ha<sup>-1</sup> a na nivnej pôde glejovej 65,485 t.ha<sup>-1</sup>. Vplyv prirodzenej úrodnosti pôdneho typu vyjadruje úroda buliev na nehnomenom variante (H<sub>5</sub>), kde na nivnej pôde bola 55,122 t.ha<sup>-1</sup> a na nivnej pôde glejovej 53,930 t.ha<sup>-1</sup>.

Zvýšenie úrody buliev cukrovej repy vplyvom hnojenia činilo na nivnej pôde 5 až 12,6 t.ha<sup>-1</sup> a na nivnej

III. Vplyv výživy na úrodu a kvalitu cukrovej repy – Effect of nutrition on the yield and quality of sugar beet

Variant výživy <sup>1</sup>	Úroda buliev <sup>2</sup>		Digescia <sup>3</sup>		Produkcia polarizačného cukru <sup>4</sup>		Hmotnosť bulvy <sup>5</sup>		MB-faktor <sup>6</sup>		Modré číslo <sup>7</sup>		Obsah popolovín <sup>8</sup>		Zberový index <sup>9</sup>	
	t.ha <sup>-1</sup>	významnosť <sup>10</sup> 95 %	%	významnosť 95 %	t.ha <sup>-1</sup>	významnosť 95 %	g	významnosť 95 %	%	významnosť 95 %	abs.	významnosť 95 %	%	významnosť 95 %	%	významnosť 95 %
H <sub>1</sub>	68,651	...x	15,42	x.	10,714	...x	1,069	..x.	51,90	xx..	57,5	..x	0,688	..x	67,3	..x
H <sub>2</sub>	66,601	..x.	16,18	..x	10,770	...x	1,101	..xx	58,27	..xx	56,9	xx	0,823	..x.	66,7	xx
H <sub>3</sub>	63,731	..x.	15,40	x.	9,821	..x.	1,085	..xx	68,64	..x.	53,1	x.	0,836	..xx	65,2	x.
H <sub>4</sub>	68,203	..xx	15,11	x.	10,310	..x.	1,129	..x	83,69	...x	56,3	xx	0,919	..x	65,9	xx
H <sub>5</sub>	54,526	...x.	16,22	..x	8,837	x...	917	x..	46,44	x...	53,1	x.	0,711	x..	67,8	..x

<sup>1</sup>treatment of nutrition, <sup>2</sup>root yield, <sup>3</sup>digestion, <sup>4</sup>production of polarization sugar, <sup>5</sup>root weight, <sup>6</sup>MB-factor, <sup>7</sup>blue number, <sup>8</sup>ashes content, <sup>9</sup>harvest index, <sup>10</sup>significance

pôde glejovej 13,4 až 15,6 t.ha<sup>-1</sup>. Najviac sa prejavil pozitívny vplyv hnojenia na nivnej pôde glejovej.

Bola zistená lineárna závislosť výšky úrody od množstva dodaných čistých živín a formy aplikovaného hnojiva. Úrodový efekt vplyvom dávok živín a foriem hnojív k cukrovej repy na odlišných pôdnych staveniach bol rozdielny (tab. IV). Priama stredná až vysoká závislosť výšky úrody ( $r = 0,59$  až  $0,69$ ) bola zistená na nivnej pôde, kým na nivnej pôde glejovej bola zistená vysoká závislosť ( $r = 0,74$  až  $0,88$ ). Dodaným 1 kg čistých živín bolo vyprodukovaných 19,0 až 40,0 kg buliev na nivnej pôde a 42,2 až 48,6 kg na nivnej pôde glejovej. Najvyšší produkčný efekt živín bol vo variante H<sub>1</sub> na obidvoch pôdnych typoch (tab. V). V najúspešnejšom variante (H<sub>1</sub>) boli aplikované len kvapalné hnojivá a na prihnojenie cukrovej repy bol použitý DAM 390. Celkove nebol rozdiel

vo výške úrody medzi variantami H<sub>1</sub> a H<sub>4</sub> (0,20 až 0,70 t.ha<sup>-1</sup>) štatisticky významný (tab. III).

Hnojením bola štatisticky vysoko významne ovplyvnená produkcia polarizačného cukru. Aj pre tento parameter bol najvhodnejší variant H<sub>1</sub> s kvapalným hnojivom a prihnojením DAM 390, na ktorom sa získalo 10,7 t.ha<sup>-1</sup>. Po aplikácii tuhej formy dusíkatého hnojiva na list (H<sub>4</sub>) bola produkcia polarizačného cukru 10,3 t.ha<sup>-1</sup>, teda nižšia v priemere o 0,404 t.ha<sup>-1</sup> ako pri DAM 390 (H<sub>1</sub>). Produkcia polarizačného cukru závisela od cukornatosti, ktorá bola taktiež štatisticky významne ovplyvnená hnojením. Celkove najvyššia digescia (16,22 %) bola na nehnojenom variante a zvyšovaním dávky živín klesala. Aplikovaním 1 kg čistých živín NPK bola znížená hodnota digescie v priemere o 0,0019 % pri kvapalných formách všetkých dodávaných hnojív, kým pri použití tuhej formy hnojiva LAV

IV. Závislosť parametrov cukrovej repy od výživy – Dependence of parameters of sugar beet on nutrition

Variant výživy <sup>1</sup>	Nivná pôda <sup>2</sup>			Nivná pôda glejová <sup>3</sup>			Nivná pôda			Nivná pôda glejová		
	úroda buliev <sup>4</sup>						produkcia polarizačného cukru <sup>5</sup>					
	t.ha <sup>-1</sup>	r	preukaznosť <sup>6</sup>	t.ha <sup>-1</sup>	r	preukaznosť	t.ha <sup>-1</sup>	r	preukaznosť	t.ha <sup>-1</sup>	r	preukaznosť
H <sub>1</sub>	67,752	0,5944	0,1202	69,549	0,8763	0,0043	10,743	0,4378	0,2780	10,685	0,8367	0,0096
H <sub>2</sub>	65,475	0,6235	0,0986	67,728	0,8378	0,0094	10,687	0,8949	0,0027	10,852	0,8949	0,0027
H <sub>3</sub>	60,095	0,3764	0,3580	67,366	0,7404	0,0356	9,197	0,7162	0,0457	10,445	0,6516	0,0800
H <sub>4</sub>	67,556	0,6877	0,0594	68,851	0,8298	0,0181	10,142	0,3984	0,3283	10,477	0,8536	0,0070
H <sub>5</sub>	55,122	–	–	53,930	–	–	8,932	–	–	8,743	–	–

<sup>1</sup>treatment of nutrition, <sup>2</sup>alluvial soil, <sup>3</sup>alluvial gleyic soil, <sup>4</sup>root yield, <sup>5</sup>production of polarization sugar, <sup>6</sup>significance

V. Účinnosť čistých živín NPK – Efficiency of pure nutrients NPK

Variant výživy <sup>1</sup>	Nivná pôda <sup>5</sup>		Nivná pôda glejová <sup>6</sup>	
Prírastok úrody buliev cukrovej repy <sup>2</sup>	kg.kg <sup>-1</sup>	r	kg.kg <sup>-1</sup>	r
H <sub>1</sub>	38,49	0,594	48,61	0,876
H <sub>2</sub>	32,45	0,624	42,19	0,838
H <sub>3</sub>	19,00	0,376	44,30	0,740
H <sub>4</sub>	39,95	0,688	47,02	0,830
Zvýšenie hmotnosti bulvy <sup>3</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	r	g.kg <sup>-1</sup>	r
H <sub>1</sub>	0,99	0,478	0,126	0,132
H <sub>2</sub>	0,87	0,450	0,286	0,277
H <sub>3</sub>	0,89	0,540	0,238	0,220
H <sub>4</sub>	0,99	0,515	0,337	0,352
Zvýšenie produkcie polarizačného cukru <sup>4</sup>	kg.kg <sup>-1</sup>	r	kg.kg <sup>-1</sup>	r
H <sub>1</sub>	5,30	0,438	6,07	0,837
H <sub>2</sub>	5,37	0,561	6,55	0,895
H <sub>3</sub>	0,86	0,080	5,69	0,652
H <sub>4</sub>	3,63	0,399	5,49	0,854

<sup>1</sup>treatment of nutrition, <sup>2</sup>increment of root yield of sugar beet, <sup>3</sup>increase in root weight, <sup>4</sup>increase in production of polarization sugar, <sup>5</sup>alluvial soil, <sup>6</sup>alluvial gleyic soil

na prihnojenie bolo spôsobené zníženie o 0,0037 %, ktoré sa odráža cez úrodu buliev na produkciu polarizačného cukru. Najnižšia digestia (15,11 %) bola na variante H<sub>4</sub> s použitím tuhej formy hnojiva (LAV) na prihnojenie a bol preukazovaný štatisticky významný rozdiel 1,07 % v porovnaní s variantom H<sub>2</sub>, kde bola cukrová repa prihnojená kvapalným hnojivom FOSTIM (tab. III).

Forma hnojiva použitého na prihnojenie vplývala na zvýšenú tvorbu popolovín, a tým aj celkovo na technologickú kvalitu cukrovej repy, charakterizovanú hodnotou MB-faktora. Aj pri tomto parametri kvality boli okrem nehnojenej kontroly zistené najpriaznivejšie hodnoty pri variante H<sub>1</sub> (51,9) a H<sub>2</sub> (58,3). Aplikovanie tuhej formy hnojiva na list sa prejavilo okrem spomínaného zníženia digestie ešte negatívne vo vyššom obsahu popolovín v buľve (0,919 %) a v nežiadúcej hodnote (83,7) MB-faktora. Z výsledkov bol zistený štatisticky významný rozdiel medzi variantom H<sub>4</sub> a všetkými pokusnými variantami výživy (tab. III).

## DISKUSIA

K regulovateľným faktorom pri pestovaní a tvorbe úrod cukrovej repy sa bezpochybné zaraďuje hnojenie. Na optimálne dávky NPK a formy hnojív, v akých by sa živiny mali dodávať, sú však rozdielne názory.

Kým v uplynulých obdobiach boli v pestovateľskej praxi používané hnojivá v tuhej forme, v predchádzajúcom desaťročí si začali raziť cestu hnojivá v kvapalnej forme. Ich prednosťou z organizačného hľadiska je lepšia aplikovateľnosť a miešateľnosť podľa potreby. S cieľom overenia účinnosti na kvantitu a kvalitu úrody boli preto aj na OVÚA Michalovce výskumne testované vybrané formy kvapalných hnojív pri pestovaní cukrovej repy.

Dosiahnutými výsledkami sa potvrdilo, že je nevyhnutné pristupovať diferencovane (podľa agroekologických podmienok) k stanoveniu optimálnych dávok (predovšetkým dusíka) a k voľbe formy a druhu, v akom sa hnojivo bude aplikovať. V tomto smere naše zistenia korešpondujú s údajmi z literatúry (Bajčí, 1987; Bajčí, Růčka, 1984; Bajčí, Tománková, 1991; Břízik, 1983a, b; Pulkrábek, 1983; Šanta, 1993; Čumakov, 1988).

Hodnotením dosiahnutej kvantity buliev z jednotky plochy v pokusoch sa ukázalo, že táto, ako aj jej variabilnosť boli silne limitované ročníkom, čo je v súlade aj s výsledkami niektorých autorov (Bajčí, Tománková, 1991; Riník, 1993; Šanta, 1993 a i.).

Kvapalné hnojivo DAM 390 malo pozitívny vplyv nielen na výšku úrody, ale aj na jej kvalitu. Naše výsledky možno podporiť aj predchádzajúcimi zisteniami (Bajčí, Růčka, 1984; Tichý, 1986). Dôležitá

bola aj doba použitia. V našich pokusoch boli najvyššie úrody aj s najlepšou kvalitou získané pri aplikovaní kvapalných hnojív, a to PK soli na strnisko po predplodine, DAM 390 pri predsejbovej príprave a na list pred druhým plečkováním cukrovej repy. V tomto smere korešpondujú naše dosiahnuté výsledky so závermi, ktoré uvádza Bajčí (1987), že DAM 390 použitý foliárne na prihnojenie mal priaznivejšie účinky ako liadok amónnovápenatý. Po analýze buliev na kvalitu sme mohli aj retrospektívne usúdiť o použití nadmerných dávok dusíka k cukrovej repe, v čom sa niektoré tvrdenia (Turner, 1989) aj našimi výsledkami potvrdili. Nie sú zásadne disproporcie ani v zisteniach o poklese digestie alebo zvyšovaní popolovín so zvyšujúcimi sa dávkami aplikovaných hnojív. Rozdiely sú iba v nameraných hodnotách, ktoré súvisia s odlišnými pokusnými stanovišťami.

## LITERATÚRA

- BAJČI, P.: Použitie hnojiva DAM 390 na hnojenie cukrovej repy. Pôda a Úroda, 1987 (5): 222–223.
- BAJČI, P. – RŮČKA, M.: Využitie kvapalných hnojív k výžive cukrovej repy. Rostl. Výr., 30, 1984 (9): 935–942.
- BAJČI, P. – TOMÁNKOVÁ, E.: Stupňované dusíkaté hnojenie a jeho vplyv na zmeny v tvorbe biomasy a v technologickú hodnotu jednosemnej odrody cukrovej repy. Rostl. Výr., 37, 1991 (1): 81–90.
- BEDRNA, Z. – LOPATNÍK, J.: Systémy hnojenia a ochrana životného prostredia. Bratislava, Príroda 1983. 115 s.
- BÍZIK, J.: Minerálny dusík v pôde a určovanie dávok dusíka. Agrochémia (Bratislava), 23, 1983a (8): 215–219.
- BÍZIK, J.: Prínos kvapalných hnojív vo vedecky riadenej výžive rastlín. Agrochémia (Bratislava), 23, 1983b (11): 311–313.
- ČUMAKOV, A.: Pôsobenie agrotechnických opatrení na úrodu cukrovej repy. Pôda a Úroda, 1988 (3): 115–117.
- PULKRÁBEK, J.: Vliv sponu jednocení a dávek dusíku na výnos cukru. Agrochémia (Bratislava), 23, 1983 (3): 65–69.
- RIMÁR, J.: Možnosti regulácie tvorby úrody cukrovej repy. Pôda a Úroda, 1991 (11): 498–499.
- RINÍK, E.: Vplyv štruktúry rastlinnej výroby, koncentrácie a striedania plodín na produktivnosť osevných postupov a zvyšovania úrodnosti pôd Východoslovenskej nížiny. [Záverčná správa.] Michalovce, OVÚA 1993. 70 s.
- ŠANTA, I.: Výskum rozhodujúcich agroekologických faktorov intenzifikácie pestovania cukrovej repy na nívnych pôdach Východoslovenskej nížiny. [Záverčná správa.] Michalovce, OVÚA 1993. 60 s.
- TICHÝ, I.: Vplyv hnojenia dusíkom na úrodu a cukornatosť cukrovej repy. Agrochémia (Bratislava), 26, 1986 (4): 110–112.
- TURNER, F.: Amino nitrogen story update. Brit. Sug. Beet Rev., 57, 1989 (3): 31.

Došlo 17. 3. 1994

## Kontaktná adresa:

Ing. Emil Riník, CSc., Oblastný výskumný ústav agroekológie, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, Slovenská republika, tel.: 0946/250 07, fax: 0946/244 29

## Upozornění pro autory vědeckých časopisů

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

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

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

*Redakce časopisu*

# INFLUENCE OF FERTILIZATION ON THE NITRATE CONTENT, THEIR DYNAMICS IN SOIL AND ON SUGAR BEET ROOT YIELD AND QUALITY

VLIV HNOJENÍ NA OBSAH DUSIČNANŮ, JEJICH DYNAMIKU V PŮDĚ A NA VÝNOS A KVALITU BULEV CUKROVÉ ŘEPY

D. Dropulić, T. Teklić, Z. Lončarić

University of J. J. Strossmayer, Osijek, Croatia

**ABSTRACT:** The aim of this experiment was to determine the effect of different quantities and combinations of mineral and organic fertilization on the nitrogen dynamics in two soil types, as well as economic and technological properties of sugar beet. The nitrate content and their dynamics were related to climatic conditions (the amount and distribution of rainfall during winter and vegetation period) and fertilization. The fertilization was also effective in obtaining of sugar beet yield, sugar content and polarization. The best results were obtained with organic fertilizers.

sugar beet; fertilization; organic; mineral; nitrate content; yield; quality

**ABSTRAKT:** Cílem tohoto pokusu bylo stanovit vliv různých dávek a kombinací minerálních a organických hnojiv na dynamiku dusíku ve dvou půdních typech a dále na ekonomické a technologické vlastnosti cukrové řepy. Obsah dusičnanů a jejich dynamika souvisely s povětrnostními podmínkami (množství a rozložení srážek během zimy a vegetačního období) a s hnojením. Hnojení se ukázalo účinné ve vztahu k výnosu cukrové řepy, cukernatosti a polarizaci. Nejlepší výsledky jsme získali s organickými hnojivy.

cukrová řepa; hnojení; organické; minerální; obsah dusičnanů; výnos; kvalita

## INTRODUCTION

The nutrition of sugar beet is a very complex problem because of different acting added nutrients, especially nitrogen, whose amount in a root zone is permanently changing. Up today this area has been interesting for many research workers (Wehrmann, Scharpf 1980; Vukadinović et al., 1991 etc.). However, nitrogen is very mobile in soil profile, so that intensive rainfall can cause its leaching to the ground water what is well known as ecological problem, mainly on sandy soils. Also, the nitrate accumulation in surface soil layer can occur due to high fertilization rates. Recently, nitrogen dynamics has been investigated by  $N_{min}$  method (Dropulić et al., 1991).

The nitrate content in soil and sugar beet yield are highly correlated (Giles et al., 1975). According to Dropulić et al. (1991) nitrate form of nitrogen had the strongest influence on sugar content. The amount of nitrogen can also affect quality of sugar beet, such as the polarization (Vukadinović et al., 1991).

The subject of this research was to investigate the application possibilities of nitrogen fertilizers from manure and Orbig (organic-biological fertilizer made by *Lumbricus rubra*), as well as their influence on the yield and quality of sugar beet.

## MATERIAL AND METHODS

Two years' experiment (1989/1990) was followed in Baranya province on two different types of soil: eutric cambisol (locality Širine – Zeleno polje) and semigley (locality Brestovac) whose agrochemical characteristics are given in Tab. I. Used fertilizers were mineral:

### I. Soil analysis data

		Zeleno Polje	Brestovac
Humus	(%)	1.00	1.17
pH (H <sub>2</sub> O)		6.19	7.60
N-NO <sub>3</sub>	mg/100 g	2.36	1.42
N-NH <sub>4</sub>	mg/100 g	0.80	0.84
P	mg/100 g	1.67	0.98
K	mg/100 g	7.76	10.67
Ca	mg/100 g	26.48	48.74
Active clay	(%)	20.56	17.17

urea (46% N), calcium-ammonium-nitrate (27% N), triple superphosphate (45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and KCl (60% K<sub>2</sub>O) and organic: manure and Orbig. The latter is a product of „Belje“, made by *Lumbricus rubra* from cattle manure. Tab. II shows the content of nutrients in applied

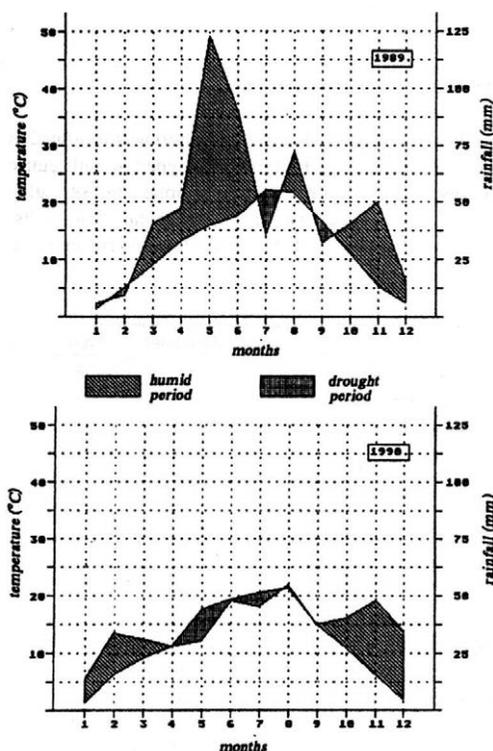
## II. The analysis of manure and Orbig (%)

		Dry matter	Total nitrogen	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Zeleno Polje	manure	25.75	0.65	0.21	0.61
	Orbig	55.75	2.13	2.01	1.36
Brestovac	manure	27.45	0.62	0.21	0.58
	Orbig	55.75	2.13	2.01	1.36

## III. The fertilization scheme

	Treatment	Rate of mineral fertilizer (kg/ha)					
		1988/1989			1989/1990		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Zeleno Polje	1. control	-	-	-	-	-	-
	2. NPK	160	139	160	129	139	160
	3. 40 t/ha manure	-	-	-	-	-	-
	4. NPK* + 40 t/ha manure	64	38	66	24	34	60
	5. 1.6 t/ha Orbig	-	-	-	-	-	-
	6. NPK* + 1.6 t/ha Orbig	134	118	140	108	120	145
Brestovac	1. control	-	-	-	-	-	-
	2. NPK	160	139	160	149	139	160
	3. 40 t/ha manure	-	-	-	-	-	-
	4. NPK* + 40 t/ha manure	64	38	69	27	34	64
	5. 1.6 t/ha Orbig	-	-	-	-	-	-
	6. NPK* + 1.6 t/ha Orbig	134	118	140	125	112	143

NPK\* – the amount of nutrients as a difference between the NPK treatment (2) and the nutrient content in variant manure (3) and variant Orbig (5), resp.



organic fertilizers. The fertilization scheme is given in Tab. III.

Crop agrotechnique for sugar beet was based on standard technology adapted to soil quality, climatic conditions (Fig. 1) and specific demands of sugar beet. That concerned also the crop protection.

The trials' scheme was based on randomized block method with four replications. A single plot sized 120 m<sup>2</sup>. The physical and chemical analyses of soil samples were done before the beginning of experiment, and the moisture content, as well as the nitrogen content were determined prior to sowing. During the vegetation period soil samples were taken at the depth of 0–30 cm, 30–60 cm and 60–90 cm, and then analysed for the moisture content (%), nitrate and ammonium content (mg N/100 g soil), resp.

After the plots' harvesting, whose size was 27 m<sup>2</sup>, root yield was estimated. Root samples of 25 kg on average were used for the determination of sugar content,  $\alpha$ -amino N, sodium and potassium content in Vemna laboratory.

The relation between root- and leaves yield, and biological sugar yield were calculated. In order to determine technological quality and technological sugar yield the adequate mathematical relations were used.

1. Climatogramme after Walter

## RESULTS AND DISCUSSION

### Nitrate content in the soil

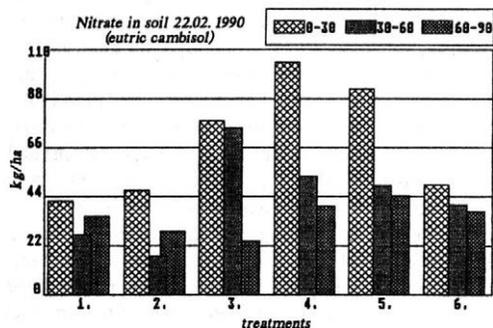
In a modern technology of sugar beet production, the determination of soil nitrate content is unreplaceable and root yield and root quality depend on it. From that point of view, it is important to know amount in the soil prior to sowing, as well as its dynamics during the vegetation period, what was investigated by Rajković (1980) and others.

This research showed that during intensive growth of sugar beet crop the detectable decrease of nitrate in soil profile occurred (Tab. IV), especially in upper layer (0–30 cm). The similar results are reported by

Milošević (1985), and Vukadinović et al. (1991). This fall was more expressed by higher soil moisture, but independent on soil type. By the way, soil moisture varied with fertilizer combination, so that higher amounts of manure caused water retention in the upper soil layer, during drier period of vegetation. However, the middle part of the profile (30–60 cm) had lower moisture content in manure treatment, most likely because of water retention in upper layer. It was also estimated, that decrease of nitrate content during vegetation period was less expressed on eutric cambisol than on semigley, though in the phenophase 4–7 leaves eutric cambisol had higher nitrogen content in relation to amounts determined prior to sowing (Figs 2 and 3).

IV. The content of N-NO<sub>3</sub> (kg/ha) in the soil during the vegetation

Fertilization	treatments	Zeleno Polje 1989			Zeleno Polje 1990			Brestovac 1989			Brestovac 1990		
		soil depth			soil depth			soil depth			soil depth		
		0–30	30–60	60–90	0–30	30–60	60–90	0–30	30–60	60–90	0–30	30–60	60–90
Prior to sowing	1.	60.7	44.2	22.0	42.0	26.9	35.4	32.5	30.5	9.5	72.9	44.4	50.6
	2.	100.6	96.8	40.7	46.9	17.4	28.7	54.9	61.2	18.4	72.2	122.4	166.6
	3.	159.1	64.8	0.0	78.1	74.8	24.3	37.9	15.1	24.0	81.5	139.8	101.0
	4.	183.2	157.7	36.1	104.5	53.1	39.7	50.6	65.5	24.4	64.5	67.8	51.8
	5.	84.7	107.3	0.0	92.7	48.9	44.6	30.2	27.5	9.8	46.4	52.2	19.2
	6.	123.3	135.0	25.7	49.4	40.4	37.5	58.0	18.4	50.3	49.8	53.3	36.4
	average	119.0	97.4	20.7	68.9	43.6	35.0	44.0	36.4	22.7	64.5	80.0	70.9
4–7 leaves	1.	23.9	50.6	45.7	69.3	48.7	20.4	46.4	26.8	37.4	23.8	9.8	2.9
	2.	108.0	68.1	85.5	109.2	78.7	44.1	101.7	113.7	79.1	39.4	39.4	63.9
	3.	35.6	90.7	63.2	120.1	79.9	49.5	56.5	107.7	47.0	47.6	61.7	37.3
	4.	39.1	104.8	96.2	105.9	75.0	37.3	93.9	71.3	62.7	58.2	22.9	0.6
	5.	46.1	53.5	58.3	96.3	53.9	39.2	29.6	45.2	35.3	49.4	22.2	0.2
	6.	67.1	103.4	70.7	125.7	107.5	51.9	104.4	129.6	10.0	23.5	22.4	0.6
	average	53.3	78.5	69.9	104.4	73.9	40.4	72.1	82.4	45.2	40.3	29.7	17.6
Row spacing	1.	19.8	23.3	18.1	33.1	48.0	30.3	9.2	8.1	6.9	10.2	6.3	19.3
	2.	20.2	22.7	20.6	82.0	56.6	51.5	16.9	18.7	17.0	7.7	33.7	64.0
	3.	6.8	12.5	18.2	50.4	50.4	45.5	9.1	6.3	4.2	20.6	37.9	45.4
	4.	21.6	31.8	45.7	49.4	37.0	33.9	4.7	3.9	2.3	54.1	11.5	7.4
	5.	16.6	28.3	28.1	41.7	39.5	36.1	8.3	3.2	3.1	34.0	8.6	8.0
	6.	15.4	7.7	19.2	81.8	48.2	28.0	2.1	3.6	1.3	45.7	14.7	2.2
	average	16.7	21.1	25.0	56.4	46.6	37.5	8.4	7.3	5.8	28.7	18.8	24.4
Max. leaf area	1.	21.3	18.1	15.8	26.0	14.7	10.4	11.3	9.5	12.4	20.0	5.5	4.1
	2.	22.2	21.6	31.0	19.8	20.8	25.2	15.3	10.6	9.5	90.8	35.3	56.4
	3.	28.4	24.1	18.2	20.6	19.6	12.5	14.0	14.0	9.9	47.3	20.4	6.9
	4.	53.5	31.3	20.5	14.6	20.1	34.7	18.6	12.5	11.8	92.4	4.2	24.1
	5.	20.4	14.5	14.4	17.6	12.0	9.7	12.9	9.4	9.9	49.2	13.7	5.0
	6.	56.9	32.3	21.3	29.4	26.5	39.9	11.1	10.7	12.1	59.2	34.5	6.2
	average	33.8	23.6	20.2	26.3	18.9	22.1	13.9	11.1	10.9	56.8	22.3	17.1
Harvest	1.	31.4	20.3	20.6	27.3	4.1	0.4	27.9	15.5	11.9	21.2	34.4	33.1
	2.	28.0	13.5	29.5	6.6	1.7	2.7	51.9	34.9	33.6	56.3	30.4	50.0
	3.	39.0	19.2	18.3	22.9	3.2	2.5	44.2	39.2	40.4	29.3	14.7	60.9
	4.	38.1	34.7	24.2	23.1	1.1	0.0	51.1	43.3	36.4	29.4	23.2	51.7
	5.	12.8	12.2	24.0	26.9	5.6	0.0	48.9	43.6	42.2	43.7	19.1	54.7
	6.	11.4	5.4	21.6	24.9	16.2	8.6	47.8	43.4	44.0	48.4	25.0	17.5
	average	26.8	17.5	23.0	21.9	5.3	2.4	45.3	36.6	34.7	38.0	24.5	44.6



2. Nitrate content in soil prior to sowing

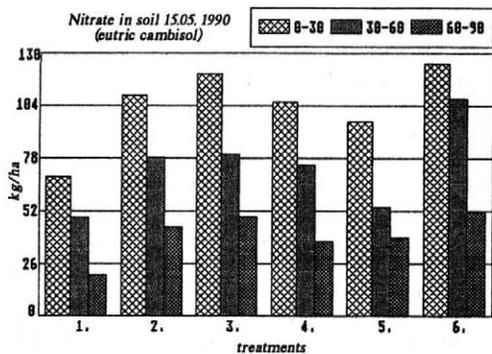
The 1989 was drier than 1990 and the soil type had no influence on the nitrate distribution by soil depth. In that year both soil types had the highest amount of nitrate in the middle layer (30–60 cm) – about 40%. The analyses in 1990 showed that nitrogen was mostly in upper layer (around 50%) till the end of vegetation period, and remaining amount of nitrogen was more distributed in the middle layer on eutric cambisol and in the lower part of semigley, resp. That is in agreement with earlier investigations (Vukadinović et al., 1991, Dropulić et al., 1991), and Müller, Winner (1970) pointed out the significant increase of sugar content and root quality with decline of nitrate amounts during vegetation period. According to Németh et al. (1986), nitrate amount should not exceed 50 kg/ha. In this research, eutric cambisol had 30 kg/ha and semigley showed nitrate content over 100 kg/ha.

### Root yield

Sugar beet root yield was 26% lower in second year of investigation (Figs 4 and 5). Concerning the same fertilization doses and technology, it could be the result of weather conditions. In general, an average root yield was by 13% higher on eutric cambisol (Fig. 6), although in dry conditions of 1990 that difference between soil types was not significant. In that year eutric cambisol had about 38% lower yield in relation to more humid 1989. All this points out that external yield making factors are very complex and related.

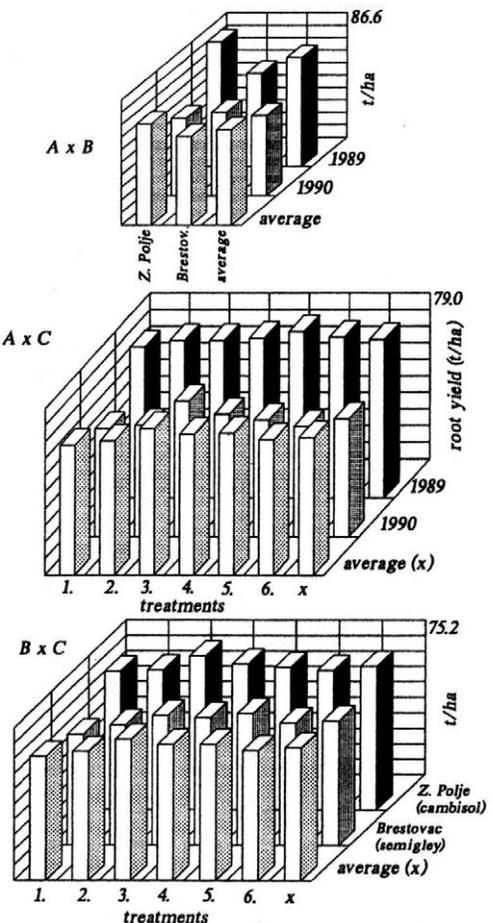
High root yields achieved on control variant show good fertility of experimental plots, in which case the fertilization effects are lower (confirmed by results of Wehrmann, Scharpf, 1980). In that sense, the differences expressed among fertilization treatments were probably influenced by nitrate content in the soil prior to sowing.

Owing to a low humus content (1%), the organic fertilization was effective (13% of increase in root yield in the manure treatment, and 9% with Orbig, related to control). The combination of mineral and or-



3. Nitrate content in soil in phase 4–7 leaves

ganic fertilization had a bit lower effect on root yield. It is in discrepancy with conclusions of Oehring (1982) and others who obtained significant yield in-



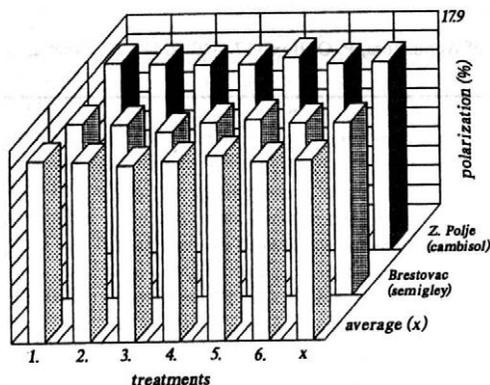
4. Interaction affecting the sugar beet root yield: A – year, B – locality, C – fertilization

crease with combined organomineral fertilization. Some previous investigations also reported such effect, even when extremely high doses of manure were applied (Cremer, 1977; Nomura et al., 1987).

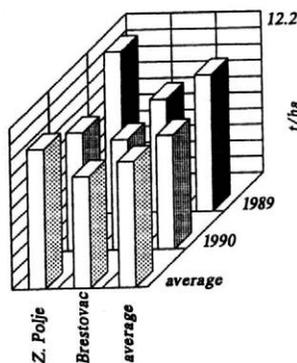
### Sugar concentration (polarization)

The concentration of sugar in root is the most important constituent of quality from technological point of view. Analysed factors have had different influence on polarization. In the second year of investigation sugar concentration was, owing to weather conditions, significantly higher. Dry conditions resulted with apparently higher sugar concentration in 1990 because of dehydration. Also, negative correlation between root yield and polarization on eutric cambisol correspond with results of Sarić, Jocić (1977), Bűricky (1978) and others.

The soil type also significantly influenced quality of sugar beet root. It was estimated that polarization was higher on eutric cambisol (17.4%) than semigley



5. Interaction between locality and fertilization affecting the polarization



6. Interaction between years and locality affecting technological sugar yield

(16.0%). But, some other factors important for root yield should not be neglected, as for example differences in rainfall quantity between years and localities.

Furthermore, the fertilization is essential factor of sugar beet quality. The application of manure made the polarization lower than it was on the control plot, while Orbig made the highest polarization.

### Technological sugar yield

A target in the sugar beet production is to get the highest amount of final product – sugar (technological yield). Its average value was rather high in two years (9.74 t/ha), with high significant influence of all investigated factors. In 1989 the better moisture conditions influenced higher technological yield about 2 t/ha in relation to 1990 (Fig. 8), and eutric cambisol showed better results than semigley. The lowest sugar yield was on average in the control variant (without fertilization) and the highest was obtained with the usage of Orbig. That fertilizer also affected the best polarization (17.1%). It is remarkable that in both soil types application of manure was preferential in 1990, in drier conditions. In 1989 year the application of Orbig gave the highest technological yield (11.26 t/ha).

### CONCLUSIONS

The investigation showed detectable decrease of nitrate content in soil during the period of intensive growth sugar beets, especially in surface layer. The change of nitrate content depended on the moisture and the fertilization, while soil type had no influence. In more humid conditions (1989) the highest amount of nitrate was in the middle soil layer (about 40% of total quantity), though in the second year of investigation nitrate was mostly present in upper layer (50%).

The effects of organic and mineral fertilization were significant, in spite of high soil fertility. The highest increment of root yield was obtained with manure (13%) and Orbig (9%).

The sugar concentration was considerably lower in the first year (15.6%) than in the second year (17.7%), due to the weather conditions. The soil type had an important influence on polarization, which was higher on eutric cambisol. Manure showed better effect than Orbig.

All tested factors were significant for achieving of technological sugar yield, so that it was higher in more humid conditions (1989) and on eutric cambisol. The application of Orbig showed the best results again.

### REFERENCES

BÜRICKY, K.: Versuche zur Bedeutung des Nährstoffangebotes für die Qualität der Zuckerrübe. Stickstoff und Kalium. Zuckerindustrie, 1978 (3-103/28): 190–200.

- CREMER, L. C. N. – LA L. DE : Effect of rate of application of organic and inorganic nitrogen on crop production and quality. Publ. Comm. Europ. Commun., 1977, No EUR 5672.
- DROPULIĆ, D. – ELJUGA, L. – LAKTIĆ, V. – TOTH, M.: Primjena  $N_{min}$  metode u ishrani i gnojidbi šećerne repe u DP „Belje“ PIK. Poljopriv. Aktual., 1991 (3-4): 527–536.
- GILES, J. F. – REUSS, J. O. – LUDWICK, A. E.: Prediction of nitrogen status of sugar beets by soil analyses. Agron. J. 67, 1975 (4): 454–459.
- MILOŠEVIĆ, R.: Distribucija nitratnog azota u zemljišnom profilu u zavisnosti od đubrenja šećerne repe. Zemlj. i Biljka, 34, 1985 (3): 241–248.
- MÜLLER, A. – WINNER, C.: Über die Wirkung gesteigerter Stickstoffdüngung von Zuckerrüben bei unterschiedlicher Bestandeschichte. Zucker, 26, 1970: 559–602.
- NÉMETH, K. – BARTELS, H. – VOGEL, M.: Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren anorganischen und organischen Bodenstickstoffs mittels EUF. Tiel I. Zuckerindustrie, 1986 (111): 932–937.
- NOMURA, N. – MATSUZAKI, Y. – YANAGISAWA, A. – OKUMURA, M. – SANBUICHI, T. – YOSHIDA, T.: Influence of manure and nitrogen application on sugar yield and quality of sugar beet. 1. Effect of manure application on different level of fertilization. Proc. Sug. Beet Res. Assoc. Japan, 1987 (29): 133–140.
- OEHRING, M.: Düngung und Qualität von Zuckerrüben 1981. Zuckerrübe, 31, 1982 (3).
- RAJKOVIĆ, Ž.: Za egzaktnije đubrenje šećerne repe azotom. Agrohemija, 1980 (11–12): 431–439.
- SARIĆ, M. – JOČIĆ, B.: Proučavanje efekata mineralne ishrane šećerne repe. Savrem. Poljopriv., 1977 (11–12).
- VUKADINOVIĆ, V. – DROPULIĆ, D. – BERTIĆ, B. – LAKTIĆ, V. – ŠIPIĆ, M.: Uticaj gnojidbe dušikom i dubine oranja na prirodu i kvalitetu šećerne repe na „Belje“ PIK. Poljopriv. Aktual., 1991 (3-4): 517–526.
- WEHRMANN, J. – SCHARPF, H. C.: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Grundlage der Stickstoffdüngung bei Zuckerrüben. Winterkongr. Bruxelles, 1980 (43): 327–341.

Received on May 5, 1994

---

**Contact Address:**

Dr. Drago Dropulić, University of J. J. Strossmayer, Faculty of Agriculture, P. O. Box 117, 540 00 Osijek, Croatia, tel.: 385 54 24 483, fax: 385 54 24 744

---

# VYUŽITÍ FOREM PŘÍSTUPNÉHO FOSFORU PRO KRITÉRIA K HNOJENÍ NA HNĚDÉ PŮDĚ KYSELÉ

## THE USE OF THE FORMS OF AVAILABLE PHOSPHORUS FOR CRITERIA FOR FERTILIZATION ON THE ACID SOIL

V. Macháček

*Research Institute of Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The results of annual observation and their averages for the years 1982 to 1987 for three treatments of long-term polyfactorial trial were used to test the methods applied to determination of available phosphorus and their agronomic interpretation by categories of soil supply with phosphorus. The soil at the site Humpolec is dystric cambisol, sandy loam, parent substrate are paragneisses. The initial average results of 1979 are in Tab. I. Tab. II gives crops and doses of fertilizers in different years. Graded phosphorus regime at the doses of 0, 40 and 80 kg.ha<sup>-1</sup> was used in the mentioned doses of fertilization. To monitor the phosphorus regime parameters as reported by Macháček (1993, 1994a, b) were used. Greater positive change in pH values occurred in all treatments of phosphorus fertilization after the first liming in autumn of 1982 than after next liming in autumn of 1985 which was carried out after manuring. Manuring had a buffering effect on the changes in pH due to inorganic interventions, such as phosphorus fertilization, liming (Fig. 1). Tab. III gives the survey of correlation coefficients of dependence between contents of phosphorus settled by various methods and soil reaction at different doses of fertilization and Fig. 2 shows the effect of liming (Ca) and manuring (Hn) on contents of available phosphorus. Out of components of available phosphorus on unfertilized treatment, the change in soil reaction directly affects the content of mobile phosphorus (P<sub>k</sub>) and indirectly the content of water-soluble phosphorus (P<sub>v</sub>). The quantified content of available phosphorus after Mehlich increases with increasing soil acidity, and in turn, the content quantified by the method after Egner is decreasing. Within the given range of pH values, the method after Olsen has almost no effects on the content of phosphorus quantified, it is in the whole range of doses of phosphorus fertilizer. It was found out from the monitoring the dependence of increase in the content of available phosphorus on the dose of phosphorus fertilizer which is in its full range shown in Fig. 3 and Tab. IV that this dependence is almost linear for an interval of doses of phosphorus fertilizer (Neuberg et al., 1990). According to regression equation of the polynomial of the first order it was found out that for an increase in the content of available phosphorus of 1 mg.kg<sup>-1</sup> and initial phosphorus content at 0 dose of phosphorus fertilizer (Fig. 3) for the method after Egner 1.98 kg P.ha<sup>-1</sup> should be added, for the method after Mehlich II 1.61 kg P.ha<sup>-1</sup> and for Olsen's method 2.33 kg P.ha<sup>-1</sup> should be added. The basic criterion for evaluation of the suitability of the method to quantify available nutrient to plants consists in its relationship to the uptake of the given nutrient. Tested methods for quantification of available phosphorus have insignificant relationship (Tab. V) and out of them the basic criterion of suitability is met only by Mehlich's and Olsen's methods. Highly significant relationship with phosphorus uptake has only available component of releasable form (D<sub>k</sub>) of available phosphorus, i.e. such component of available phosphorus which is bound to the surface of the solid phase and can be released into the soil solution under certain conditions. When comparing the relationships between different methods of quantification of available phosphorus it was found out that all relationships are significant and highly significant (Tab. VI) and out of all the other methods Olsen's method has the lowest variance of correlation coefficients. Greater variances of correlation coefficients have the methods with components of available phosphorus. Highly significant relationships with releasable component (D<sub>k</sub>) which has highly significant relationships with phosphorus uptake only Egner's method (0.764) and Olsen's (0.799) method. Mehlich's method II is in insignificant relationship with D<sub>k</sub>. This is in accord with theoretical prerequisite, because extraction agent of Mehlich's method II, except mobile components of various forms of soil phosphorus, extracts from soils of lower pH value (Macháček, 1994a, b) to plants also hard-available compounds of phosphorus, and hence the results achieved are overestimated and thus highest of all methods (Fig. 2). The predicted meaningful level has Olsen's method. Criteria, if not prepared directly for certain locality, should include further division into groups (texture) and subgroups (pH of soil). At the site of Humpolec are mean soils and differences are in pH (soil reaction). From this viewpoint criteria of soil supply with phosphorus (Tab. VII) were prepared in such a way in order to use directly the recommended doses given in the complex methodology of plant nutrition without any correction. If soils have pH value below 5.0 for Egner's method it is recommended to apply a dose of phosphorus fertilizer lower by one category of supply than for the range of pH 5.0 to 5.5, for that reason that at pH lower than 5.0 the content of available phosphorus is underestimated. On the opposite, for the method after Mehlich II a dose of phosphorus fertilizer higher by one category is to be applied, as this method overestimates the content of available phosphorus. At the current liming by a dose of 3,500 kg CaO.ha<sup>-1</sup> and

phosphorus fertilizer applied minimum in two years after manuring the dose of phosphorus fertilizer can be reduced by 20% that corresponds to the dose according to prepared criteria of soil supply with phosphorus.

available phosphorus; soil fertility; methods; liming; fertilization

**ABSTRAKT:** Pomocí polyfaktoriálního dlouhodobého polního pokusu byl za období 1982 až 1987 hodnocen fosforečný režim hnědé půdy kyselé z lokality Humpolec s cílem otestovat metody stanovení přístupného fosforu (Egner, Mehlich II, Olsen a 0,01M CaCl<sub>2</sub>) a jejich agronomickou interpretaci pomocí kategorií zásobenosti půd fosforem. Uvedené metody byly hodnoceny pomocí katexové metody (celkové, labilní a uvolnitelné formy přístupného fosforu), odběru fosforu rostlinou a statistickým zpracováním výsledků. Bylo přihlédnuto i k vlivu vápnění a organického hnojení na změny pH půdy ve smyslu zabránění reakce fosforu tvorbou nepřístupných vazeb. Z výsledků vyplynulo, že obsah fosforu vázaného na povrchu pevné fáze (P<sub>k</sub>, D<sub>k</sub>) půdy má rozhodující vliv na výživu rostlin fosforem. Byly zjištěny nevýrazné rozdíly v přednosti metod podle Egnera, Olsena a Mehlicha II, extrakce CaCl<sub>2</sub> je nevhodná. Vápnění působí příznivě na reakci fosforu vznikem nepřístupných vazeb a organické hnojení působí pufrálně na stabilizaci přístupného fosforu. Vypracovaná kritéria zásobenosti půd fosforem pro Egnerovu a Mehlichovu II metodu je nutno dělit do skupin podle pH půdy, což neplatí pro Olsenovu a katexovou metodu.

přístupný fosfor; půdní úrodnost; metody; vápnění; hnojení

## ÚVOD

Studium a stanovení přístupnosti fosforu rostlinám v kyselých půdách patří k složitějším problémům v půdní chemii fosforu. Na tvorbě nerozpustných sloučenin fosforu v půdě se podílí více prvků. Tyto sloučeniny dále blokují dodaný přístupný fosfor z hnojiv, a to vlivem nevratné sorpce (sorpční kapacity) a rychlé fixace (Williams, 1943; Fox, Kamprath, 1970). Nejnovější zahraniční práce jsou uvedeny v přehledu, který vypracoval Edwards (1993). Podrobnou studii hnědých kyselých půd Šumavy realizovali pracovníci z Jihočeské univerzity (Kolář, 1993).

Tato práce navazuje na předcházející publikace, v kterých bylo popsáno využití forem přístupného fosforu k hodnocení metod sledování výživného stavu černozemě (Macháček, 1993), hnědozemě illimerizované a slabě oglejené (Macháček, 1994a), resp. hnědé půdy podzolované (Macháček, 1994b).

I. Výchozí charakteristika půdy (1979) – Initial characteristics of soil (1979)

pH	5,2
Egner	26 mg P.kg <sup>-1</sup>
Schachtschabel	261 mg K.kg <sup>-1</sup>
Sorpční index <sup>1</sup>	2,99
Mokrý fixace <sup>2</sup>	94 mg K.kg <sup>-1</sup>
Mobilní K rezerva <sup>3</sup>	5 810 mg K.kg <sup>-1</sup>
Prach <sup>4</sup>	45,8 %
KVK <sup>5</sup>	139 mmolekv.kg <sup>-1</sup>
Rychlost uvolňování P <sup>6</sup> R <sub>k</sub> + R <sub>v</sub> , R <sub>v</sub> , R <sub>k</sub>	2,06, 0,61, 1,45 mg P.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1/2</sup>
Rovnovážná konstanta <sup>7</sup> celková <sup>8</sup> , adsorpční <sup>9</sup> a desorpční <sup>10</sup>	0,49, 0,47, 0,54

<sup>1</sup>sorption index, <sup>2</sup>wet fixation, <sup>3</sup>mobile potassium reserve, <sup>4</sup>dust, <sup>5</sup>CEC, <sup>6</sup>rate of phosphorus release from soil, <sup>7</sup>equilibrium constant, <sup>8</sup>total, <sup>9</sup>adsorption, <sup>10</sup>desorption

## MATERIÁL A METODA

Byly použity výsledky z každoročního sledování i jejich průměry za období 1982 až 1987 ze tří variant dlouhodobého polyfaktoriálního pokusu, který byl založen na pokusné stanici v Humpolci v roce 1979. Na dané lokalitě je hnědá půda kyselá (HPa), písčitohlinitá, matečný substrát jsou pararuly. Výchozí průměrné výsledky z roku 1979 jsou uvedeny v tab. I a v tab. II jsou uvedeny plodiny a dávky hnojiv v jednotlivých letech. Při uvedených dávkách hnojení bylo použito stupňované hnojení fosforem v dávkách 0, 40 a 80 kg.ha<sup>-1</sup> a obsah fosforu při dávce 20 a 60 kg.ha<sup>-1</sup> byl dopočten. Ke sledování fosforečného režimu byly použity ukazatele, které uvádí Macháček (1993, 1994a).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Jedním z nejdůležitějších ukazatelů přístupnosti fosforu na HPa je půdní reakce. Změny půdní reakce po

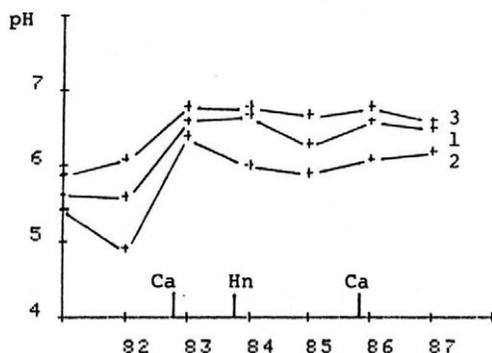
II. Přehled plodin a dávek hnojiv – The survey of crops and doses of fertilizers

Rok <sup>1</sup>	Plodina <sup>2</sup>	N	K	Hnůj <sup>3</sup>	CaO
		kg.ha <sup>-1</sup>		t.ha <sup>-1</sup>	
1981	silážní kukuřice <sup>4</sup>	170	75	40,0	–
1982	ozimá pšenice <sup>5</sup>	78	70	–	–
1983	jarní ječmen <sup>6</sup>	100	70	–	3,50
1984	brambory <sup>7</sup>	125	150	40,0	–
1985	jarní ječmen <sup>8</sup>	75	70	–	–
1986	dvousečný ječel <sup>8</sup>	40	100	–	3,50
1987					

dávka P – dose of P (0, 20, 40, 60, 80 kg P.ha<sup>-1</sup>)  
<sup>1</sup>year, <sup>2</sup>crop, <sup>3</sup>manure, <sup>4</sup>silage corn, <sup>5</sup>winter wheat, <sup>6</sup>spring barley, <sup>7</sup>potatoes, <sup>8</sup>two-cut clover

hnojení fosforem, vápnění a organickém hnojení jsou záznamy na obr. 1. Větší pozitivní změna v hodnotách pH nastala u všech variant fosforečného hnojení po prvním vápnění na podzim v roce 1982 než po dalším vápnění na podzim v roce 1985, které bylo provedeno po organickém hnojení na podzim v roce 1983. Organické hnojení mělo pufruční účinek na změny pH způsobené anorganickými zásahy (fosforečné hnojení, vápnění).

V tab. III je uveden přehled korelačních koeficientů závislosti mezi obsahy fosforu stanovenými různými



1. Vliv vápnění (Ca) a organického hnojení (Hn) na změny pH – The effect of liming (Ca) and manure (Hn) on the change of pH value

1 – 0 kg P.ha<sup>-1</sup>

2 – 40 kg P.ha<sup>-1</sup>

3 – 80 kg P.ha<sup>-1</sup>

osa x: rok – x axis: year

IV. Přehled regresních a korelačních koeficientů polynomu 1. a 2. řádu závislosti statických metod a ukazatelů na dávce fosforu – The survey of regression and correlation coefficients of the polynomial of the 1st and 2nd orders of dependence of methods and parameters on phosphorus dose

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i> ·10 <sup>-3</sup>	<i>r</i>
Mehlich II	39,1	0,620	0,920	31,2	1,369	-9,25	0,990
Egner	17,9	0,506	0,970	22,4	0,073	5,35	0,998
Olsen	21,8	0,429	0,982	19,3	0,665	-2,92	0,998
CaCl <sub>2</sub>	25,3	1,257	0,994	22,2	1,551	-3,63	0,995
P <sub>k</sub> + P <sub>v</sub>	34,1	0,763	0,999	35,0	0,682	0,99	0,999
P <sub>v</sub>	9,3	0,227	0,997	8,7	0,279	-0,63	1,000
P <sub>k</sub>	26,1	0,520	1,000	26,4	0,491	0,36	1,000
O <sub>k</sub> + O <sub>v</sub>	16,5	0,420	0,986	18,8	0,209	2,60	1,000
O <sub>v</sub>	4,9	0,136	0,997	5,0	0,125	0,14	0,996
O <sub>k</sub>	12,0	0,273	0,970	14,1	0,072	2,48	0,999
D <sub>k</sub> + D <sub>v</sub>	17,6	0,353	0,985	15,9	0,514	-1,99	0,994
D <sub>v</sub>	4,8	0,086	0,995	3,9	0,162	-0,95	0,995
D <sub>k</sub>	14,3	0,252	0,979	12,6	0,408	-1,93	1,000
Odběr <sup>1</sup> P	21,4	0,028	0,604	20,4	0,118	-1,11	0,965

0,760 – průkazný vztah – significant relationship

0,880 – vysoce průkazný vztah – highly significant relationship

rovnice – equation  $Y = a + bx$ ;  $Y = a + bx + cx^2$

*r* – korelační koeficient – correlation coefficient

<sup>1</sup>uptake

III. Přehled korelačních koeficientů závislosti 1. řádu mezi obsahy fosforu a půdní aciditou – The survey of correlation coefficients of relationships of the 1st order between contents of phosphorus and soil acidity

	P (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	0	40	80
P <sub>k</sub> + P <sub>v</sub>	0,860	0,590	0,700
P <sub>v</sub>	-0,410	0,450	0,550
P <sub>k</sub>	0,810	0,280	0,670
Egner	0,270	0,620	0,620
Olsen	0,050	-0,350	0,270
Mehlich II	-0,820	-0,140	0,050

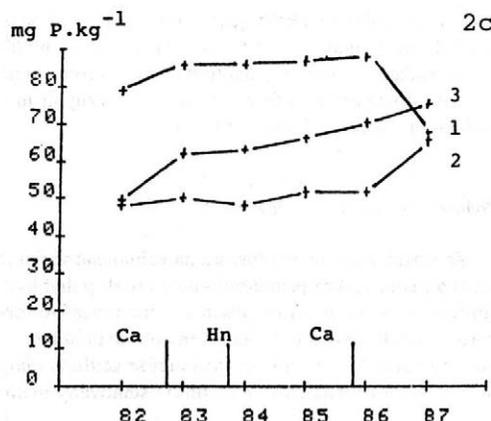
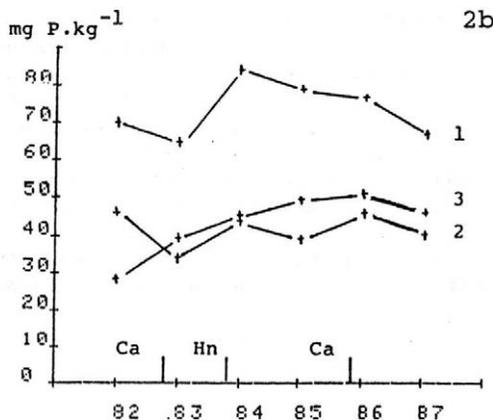
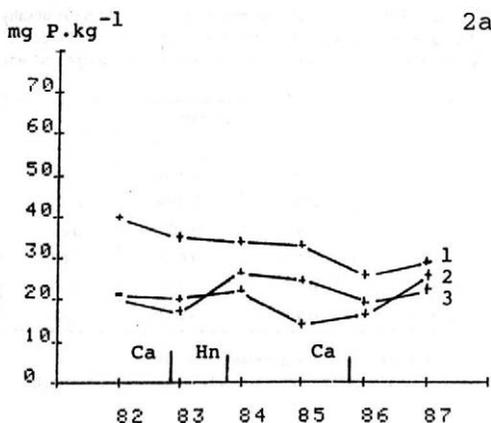
0,760 – průkazný vztah – significant relationship

0,880 – vysoce průkazný vztah – highly significant relationship

metodami a půdní reakcí v jednotlivých letech při různých dávkách hnojiva (obr. 1). Na obr. 2 je uveden vliv půdní reakce – acidity v jednotlivých letech (obr. 1) na obsahy přístupného fosforu stanoveného různými metodami při různých dávkách fosforu.

#### Nehnojená varianta (0 kg P.ha<sup>-1</sup>)

Ze složek přístupného fosforu na nehnojené variantě změna půdní reakce přímo ovlivňuje obsah pohyblivého fosforu (P<sub>k</sub>) a nepřímo obsah vodorozpustného fosforu (P<sub>v</sub>), jak uvádí tab. I. Stanovený obsah přístupného fosforu podle Mehlicha II se zvyšující se aciditou půdy se zvyšuje a naopak snižuje se obsah stanovený meto-



2. Vliv vápnění (Ca) a organického hnojení (Hn) na obsahy přístupného fosforu – The effect of liming (Ca) and manure (Hn) on the contents of available phosphorus

2a – 0 kg P.ha<sup>-1</sup>  
 2b – 40 kg P.ha<sup>-1</sup>  
 2c – 80 kg P.ha<sup>-1</sup>

osa x: rok – x axis: year  
 1 – Mehlichova metoda II – Mehlich's method II  
 2 – Olsenova metoda – Olsen's method  
 3 – Egnerova metoda – Egner's method

dou podle Egnera. Půdní acidita v daném rozmezí pH téměř neovlivňuje obsah fosforu stanovený metodou podle Olsena.

#### Dávka 40 kg P.ha<sup>-1</sup>

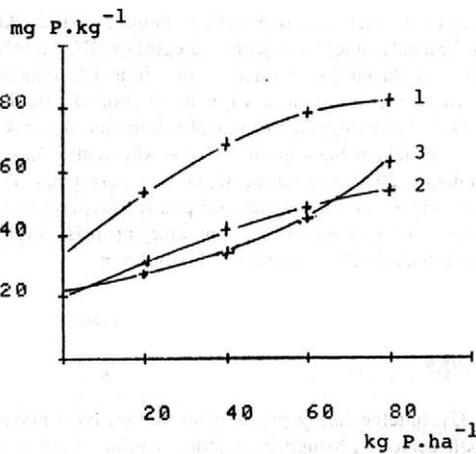
Tato dávka nejvíce ovlivňuje vztahy závislosti obsahu  $P_k$  a  $P_v$  složek přístupného fosforu na aciditě půdy. Se snižující se aciditou půdy se zvyšuje obsah  $P_v$  na úkor  $P_k$ , čímž je nejvíce ovlivněna Egnerova metoda a metoda podle Mehlicha II má stále nepřímý vztah. V daném rozmezí pH rovněž není výrazně ovlivněna Olsenova metoda.

#### Dávka 80 kg P.ha<sup>-1</sup>

Při této dávce dochází téměř k vyrovnání závislosti  $P_v$  a  $P_k$  složek přístupného fosforu, a to vlivem vysoké dávky fosforečného hnojiva, které potlačuje vliv uvolněného fosforu na obsah přístupného fosforu. Projevují se pouze závislosti přístupného fosforu stanoveného sledovanými metodami na aciditě půdy.

V tab. IV je uveden přehled závislosti ukazatelů na dávce fosforu pomocí polynomu 1. a 2. řádu. Pro metody, které mají malý rozdíl mezi hodnotami korelačních koeficientů u jednotlivých polynomů, je možné pro výpočet relativního zvýšení obsahu fosforu v půdě použít rovnic obou polynomů. Kde jsou tyto rozdíly větší, je výhodnější použít rovnic polynomu 2. řádu. Ze sledování závislosti zvyšování obsahu přístupného fosforu na dávce fosforečného hnojiva, která je v celé šíři hnojení fosforem zobrazena na obr. 3, bylo zjištěno, že tato závislost je pro interval dávek fosforečného hnojiva (Neuberg et al., 1990) téměř lineární. Podle regresní rovnice polynomu 1. řádu bylo zjištěno, že pro zvýšení obsahu přístupného fosforu o 1 mg.kg<sup>-1</sup> při průměrném odběru 20,4 kg P.ha<sup>-1</sup> a výchozím obsahu fosforu při dávce hnojiva 0 (obr. 3) je pro Egnerovu metodu nutno přidat 1,98 kg P.ha<sup>-1</sup>, pro metodu podle Mehlicha II 1,61 kg P.ha<sup>-1</sup> a pro Olsenovu metodu 2,33 kg P.ha<sup>-1</sup>.

Základní kritérium pro hodnocení vhodnosti metody pro stanovení přístupné živiny rostlinám je její vztah k odběru dané živiny. Všechny ověřované metody pro stanovení přístupného fosforu mají neprůkazný vztah (tab. V) a z nich základní kritérium vhodnosti téměř



3. Vliv dávky fosforu na obsah přístupného fosforu – The effect of phosphorus dose on the content of available phosphorus

- 1 – Mehlichova metoda II – Mehlich's method II  
 2 – Olsenova metoda – Olsen's method  
 3 – Egnerova metoda – Egner's method

spĺňuje pouze Mehlichova a Olsenova metoda. Vysoce průkazný vztah s odběrem fosforu má pouze pohyblivá složka uvolnitelné formy ( $D_k$ ) přístupného fosforu, což je taková složka přístupného fosforu, která je vázaná na povrchu pevné fáze a za určitých podmínek je schopna uvolnit se do půdního roztoku. Minimální rozdíly v korelačních koeficientech jsou mezi celkovými ( $P_k + P_v$ ,  $P_k$ ) a uvolnitelnými ( $D_k + D_v$ ,  $D_k$ ) formami a neprůkazné vztahy labilní formy ( $O_k + O_v$ ,  $O_k$ ) dokazují, že uvolnitelná forma na rozdíl od labilní formy je základní

V. Přehled regresních a korelačních koeficientů polynomu 1. řádu závislosti odběru fosforu na výsledcích metod – The survey of regression and correlation coefficients of the polynomial of the 1st order of dependence of phosphorus uptake on the results of methods

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>
$P_k + P_v$	19,5	0,042	0,814
$P_v$	20,6	0,111	0,583
$P_k$	19,7	0,051	0,802
Egner	20,6	0,048	0,566
Olsen	19,8	0,074	0,722
Mehlich II	19,5	0,050	0,751
CaCl <sub>2</sub>	21,5	0,016	0,488
$O_k + O_v$	20,1	0,063	0,744
$O_v$	21,2	0,145	0,477
$O_k$	20,6	0,066	0,690
$D_k + D_v$	18,9	0,109	0,866
$D_v$	19,8	0,357	0,732
$D_k$	18,8	0,145	0,894

0,760 – průkazný vztah – significant relationship  
 0,880 – vysoce průkazný vztah – highly significant relationship  
 rovnice – equation  $Y = a + bx$   
*r* – korelační koeficient – correlation coefficient

forma celkově přístupného fosforu. Nejvyšší hodnotu regresního koeficientu jako ukazatele citlivosti odběru na obsahu fosforu v půdě má uvolnitelně vodorozpustný fosfor ( $D_v$ ), který je však méně rozpustný než labilně vodorozpustný fosfor ( $O_v$ );  $D_v$  výrazně ovlivňuje celkově vodorozpustný fosfor ( $P_v$ ) a podílí se na zvyšování  $O_v$ , který na této půdě bude základem obsahu fosforu v půdním roztoku.

Při srovnání vztahů mezi jednotlivými metodami pro stanovení přístupného fosforu bylo shledáno, že všechny vztahy jsou průkazné a vysoce průkazné (tab. VI) a z toho nejmenší rozptyl korelačních koeficientů s ostatními metodami má Olsenova metoda. Větší rozptyly korelačních koeficientů mají již metody se složkami přístupného fosforu. Zatímco metody s vodorozpustnou složkou ( $P_v$ ) mají vysoce průkazný vztah, tak s pohyblivou složkou ( $P_k$ ) jsou vztahy neprůkazné a projevují se větší rozdíly mezi extrakční schopností jednotlivých metod. S uvolnitelně pohyblivou složkou ( $D_k$ ), která má vysoce průkazný vztah s odběrem fosforu, má průkazný vztah pouze Egnerova (0,764) a Olsenova (0,799) metoda. Mehlichova metoda II má s  $D_k$  neprůkazný vztah, což je v soulase s teoretickým

VI. Přehled regresních a korelačních koeficientů polynomu 1. řádu výsledků metod a ukazatelů – The survey of regression and correlation coefficients of the polynomial of the 1st order of results of the methods and parameters

		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i>
Egner	Olsen	8,80	0,729	0,914
	Mehlich II	15,69	1,094	0,830
	CaCl <sub>2</sub>	-18,75	2,149	0,853
	$P_k + P_v$	20,14	1,340	0,870
	$P_v$	1,95	0,388	0,909
	$P_k$	19,22	0,924	0,737
Mehlich II	Egner	1,72	0,629	0,830
	Olsen	3,02	0,585	0,967
	CaCl <sub>2</sub>	-39,59	1,788	0,936
	$P_k + P_v$	23,79	0,819	0,701
	$P_v$	-0,79	0,305	0,941
	$P_k$	24,84	0,510	0,536
Olsen	Egner	-4,04	1,146	0,914
	Mehlich II	-1,17	1,599	0,967
	CaCl <sub>2</sub>	-47,02	3,006	0,952
	$P_k + P_v$	14,38	1,545	0,800
	$P_v$	-2,57	0,527	0,984
	$P_k$	17,6	1,000	0,636
CaCl <sub>2</sub>	Egner	16,46	1,339	0,853
	Olsen	17,54	0,302	0,952
	Mehlich II	26,40	0,490	0,936
	$P_k + P_v$	47,58	0,366	0,599
	$P_v$	6,15	0,167	0,987
	$P_k$	41,81	0,193	0,387

0,760 – průkazný vztah – significant relationship  
 0,880 – vysoce průkazný vztah – highly significant relationship  
 rovnice – equation  $Y = a + bx$   
*r* – korelační koeficient – correlation coefficient

předpokladem, protože extrakční činidlo Mehlichovy metody II kromě pohyblivých složek různých forem půdního fosforu extrahuje z půd o nižším pH (Macháček, 1994b) i rostlinám těžko přístupné sloučeniny fosforu, a tím jsou získané výsledky nejvyšší ze všech metod (obr. 2). Obdobným způsobem nadhodnocuje výsledky Egnerova metoda u půd s vyšším pH (alkalické a karbonátové půdy). Očekávaný standard účelnosti má Olsenova metoda. Vápnění a hnojení hnojem má vliv na zpřístupnění fosforu rostlinám a na potlačení komplexních reakcí fosforečného iontu s Al- a Fe-ionty a udržení sloučenin v uvolnitelné formě, což se projevuje na vztahu pohyblivé složky  $D_k$  s Egnerovou metodou (0,764), který je průkazný a ovlivňuje celkově přístupný fosfor (0,870 – vysoce průkazný vztah).

Z praktického pohledu využití metod pro stanovení přístupného fosforu a forem fosforu v půdě k interpretaci výsledků je důležité hodnotení kritérií zásobenosti půd fosforem. Tato kritéria, nejsou-li vypracovaná přímo pro určitou lokalitu, by měla zahrnovat další dělení do skupin (půdní druh) a podskupin (pH půdy). V oblasti lokality Humpolec jsou půdy střední, převažují půdy kyselé a slabě kyselé. Z tohoto pohledu byla vypracována kritéria zásobenosti půd fosforem (tab. VII) takovým způsobem, aby mohly být doporučené dávky uvedené v komplexní metodice výživy rostlin bez korekce přímo použity. Pro Olsenovu metodu, která má nejmenší závislost na pH a rovněž splňuje kritéria vhodnosti, je uvedena stupnice bez dalších podskupin podle pH. Pro doplnění jsou uvedena i kritéria pro metodu s katexem. Jestliže jsou půdy v oblasti pod pH 5,0, doporučuje se pro Egnerovu metodu použít dávku fosforečného hnojiva o jednu kategorii zásobenosti nižší než rozmezí pH 5,0 až 5,5, protože při pH menším než 5,0 je podhodnocen obsah přístupného fosforu. Pro me-

todu podle Mehlicha II naopak je nutné použít dávku fosforečného hnojiva o jednu kategorii vyšší, protože tato metoda naopak nadhodnocuje obsah přístupného fosforu. Při současném vápnění dávkou 3 500 kg CaO.ha<sup>-1</sup> a fosforečném hnojení minimálně dva roky po organickém hnojení lze snížit dávku fosforečného hnojiva o 20 %, než odpovídá dávce určené podle vypracovaných kritérií zásobenosti půd fosforem, protože tento rozdíl je doplněn fosforem, který při nižší aciditě nepřechází do těžko rozpustných sloučenin.

## ZÁVĚR

Uvolnitelné formy přístupného fosforu tvoří hlavní podíl celkově přístupného fosforu, labilní formy jsou nestálé.

Obsah pohyblivého fosforu, který je schopen se uvolnit z povrchu pevné fáze do roztoku, je hlavním ukazatelem pro výživu rostlin a tuto formu přístupného fosforu převážně stanovuje Olsenova a Egnerova metoda.

Z metod pro stanovení přístupného fosforu vzhledem k odběru fosforu rostlinou má nejtěsnější vztah Mehlichova II a pak Olsenova metoda před Egnerovou metodou. Extrakce CaCl<sub>2</sub> má nejmenší vztah s odběrem fosforu.

Vápnění působí příznivě na zvyšování pH, a tím znemožňuje vazbu fosforu do méně přístupných sloučenin. Organické hnojení působí pufrálně na stabilizaci pH a udržení fosforu ve formě dobře přístupné rostlinám.

Hnojení do zásoby na této půdě je nevhodné, protože tato půda má vysokou nevratnou sorpci a malou pufráčnou schopnost.

VII. Hodnocení obsahu fosforu (mg.kg<sup>-1</sup>) v půdě stanoveného různými metodami – The evaluation of phosphorus content (mg.kg<sup>-1</sup>) in soil determined by different methods

Kategorie <sup>1</sup>	Egner		Mehlich II	
	5,0–5,5	> 5,5	5,0–5,5	> 5,5
Malá <sup>2</sup>	< 22	< 26	55	< 49
Střední <sup>3</sup> 1	23–34	27–40	56–74	50–56
Střední 2	35–44	41–52	75–97	57–87
Dobrá <sup>4</sup>	45–55	53–65	98–115	88–103
Vysoká <sup>5</sup> 1	56–83	66–99	116–164	104–147
Vysoká 2	84–104	100–124	165–200	148–180
Velmi vysoká <sup>6</sup>	> 105	> 125	> 201	> 181
	$P_k + P_v$	$P_v$	$P_k$	Olsen
Malá	<60	< 14	< 46	< 31
Střední 1	61–80	15–19	47–61	32–42
Střední 2	81–107	20–27	62–80	43–56
Dobrá	108–127	28–33	81–94	57–67
Vysoká 1	128–180	34–49	95–131	68–96
Vysoká 2	181–221	50–60	132–161	97–118
Velmi vysoká	> 222	> 61	> 162	> 119

<sup>1</sup>category, <sup>2</sup>low, <sup>3</sup>medium, <sup>4</sup>good, <sup>5</sup>high, <sup>6</sup>very high

Do dávky kolem 50 kg P.ha<sup>-1</sup> je závislost všech analytických údajů s přístupem fosforu téměř lineární a pak přechází podle druhu extrahované formy v nelineární závislosti, z nichž nejjednodušší je kvadratická funkce. Mehlichova metoda II reaguje nejpružněji na hnojený fosforem.

Vypracovaná kritéria zásobenosti půd fosforem pro Egnerovu a Mehlichovu II metodu je nutno dělit podle pH půdy (půdní acidity).

#### LITERATURA

EDWARDS, A. C.: Factors influencing plant availability of P from acid soils. Phosph. Agric., 3, 1993: 1-12.

FOX, R. L. - KAMPRATH, E. J.: Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soil. Soil Sci. Soc. Amer. J., 34, 1970: 902-907.

KOLÁŘ, L.: Pohyb a formy N a P v půdně-klimatických podmínkách oblasti Šumavy. [Závěrečná zpráva.] České Budějovice, VŠZ 1983. 146 s.

MACHÁČEK, V.: Využití forem půdního fosforu pro charakteristiku výživného stavu černozemě. Rostl. Vyr., 39, 1993 (9): 835-843.

MACHÁČEK, V.: Hodnocení fosforečného režimu hnědozemě ze dvou lokalit. Rostl. Vyr., 40, 1994a (2): 143-153.

MACHÁČEK, V.: Hodnocení metod pro stanovení přístupného fosforu na hnědé půdě podzolované. Rostl. Vyr., 40, 1994b (4): 315-322.

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

WILLIAMS, E. G.: Phosphorus fixing in soils. Scott. J. Agric., 14, 1943: 156-162.

Došlo 17. 11. 1994

---

#### Kontaktní adresa:

RNDr. Václav Macháček, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/36 08 51, fax: 02/36 52 28

---

# Granstar



## Úroda jako obrázek.

### JEDEN ZE ZÁKLADNÍCH HERBICIDŮ DO OBILOVIN

- hubí široké spektrum plevelů včetně pcháče
- zvyšuje výnos a kvalitu produkce
- má nízkou toxicitu - lze použít v ochranných pásmech vodních zdrojů.



© Reg. ochranná známka firmy E. I. DuPont de Nemours and Co. (Inc.)

DuPont Conoco CS, spol. s r.o., 5. května 65, 140 09 Praha 4, tel.: 02/422 642, fax: 02/61 21 15 55, tlx: 121 834 dupo c  
DuPont Conoco CS, spol. s r.o., Štěchovice 1320, 767 11 Kroměříž, tel.: 0634/201 48, fax: 0634/242 61  
DuPont Conoco CS, spol. s r.o., Českoskalická 1836, 547 01 Náchod, tel.: 0441/20 748, fax: 0441/20617

## 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.

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

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

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 10 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měřových jednotek SI (ČSN 01 1300).

**Vlastní úprava** rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery). Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

**Název práce (titul)** nemá přesáhnout 85 úhozů. Je nutné vyvarovat se v něm obecných názvů. 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. 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 2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je nutné 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. Doporučuje se co nejnižší počet citovaných autorů.

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

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

**Diskuse** obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostatcích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

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

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

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

## 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.

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 ten typescript pages, including tables, figures and graphs.

**Manuscript layout** shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

The **title** of the paper shall not exceed 85 strokes. It is necessary to avoid in the title the usage of common expressions. Subtitles of the papers are not allowed either.

**Abstract** is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise base numerical data including statistical data. It 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. It is recommended to cite the lowest possible number of authors.

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

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

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

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

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

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code.

## OBSAH - CONTENTS

Lippold H., Mouchová H.: The fate of labelled ammonium nitrate split-applied to winter wheat in spring – Sledování vlivu dělených dávek značeného dusičnanu amonného aplikovaného k ozimé pšenici na jaře .....	97
Petr J., Vaněk V., Procházka J., Najmanová J.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah minerálního dusíku v půdě – The effect of long-term fertilization on the content of mineral nitrogen in soil.....	103
Vaněk V., Petr J., Najmanová J., Pavlíková D.: Vliv dlouhodobého hnojení na obsah mineralizovatelného dusíku v půdě – The effect of long-term fertilization on the content of mineralizable nitrogen in soil .....	109
Tůma J., Matula J.: Vliv hnojení sodíkem na výnos, kvalitu a minerální složení píče srhy laločnaté ( <i>Dactylis glomerata</i> L.) – The effect of sodium fertilization on the yield, quality and mineral composition of orchard grass ( <i>Dactylis glomerata</i> L.) .....	115
Šimon T., Kálalová S.: The effect of pea plant habit on symbiotic traits and plant growth – Vliv habitu hrachu na symbiotické vlastnosti a růst rostlin .....	123
Riník E., Šanta I.: Zmeny produkčných a kvalitatívnych parametrov cukrovej repy vplyvom foriem a dávok hnojív – Changes in productive and qualitative parameters of sugar beet due to the forms and doses of fertilizers .....	129
Dropulić D., Teklić T., Lončarić Z.: Influence of fertilization on the nitrate content, their dynamics in soil and on sugar beet root yield and quality – Vliv hnojení na obsah dusičnanů, jejich dynamiku v půdě a na výnos a kvalitu bulev cukrové řepy .....	135
Macháček V.: Využití forem přístupného fosforu pro kritéria k hnojení na hnědé půdě kyselé – The use of the forms of available phosphorus for criteria for fertilization on the acid soil.....	141
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Pavlíková D.: III. Kongres European Society for Agronomy .....	122