



ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

# ROSTLINNÁ VÝROBA

## Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

**5**

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

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

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

#### Redakční rada – Editorial Board

##### Předseda – Chairman

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

##### Členové – Members

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

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

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

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

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

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

Ing. Těšitel Mláština, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Piešťany, SR)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RNDr. Eva Stříbrná

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# ANNUAL COURSE OF SIMULATED RATE OF PHOTOSYNTHESIS UNDER NATURAL CONDITIONS

## SIMULACE ROČNÍHO PRŮBĚHU RYCHLOSTI FOTOSYNTÉZY V PŘIROZENÝCH PODMÍNKÁCH

L. Nátr

Charles University, Faculty of Sciences, Praha, Czech Republic

**ABSTRACT:** Algorithms of a leaf photosynthesis model published by Harley et al. (1992) and hourly values of radiation, temperature and air humidity for the years 1990, 1991 and 1992 obtained from the Hydrometeorological Institute in Prague, were used to calculate rate of photosynthesis ( $P_N$ ) for each hour as well as its hourly and daily totals. Under climatic conditions typical for this region, daily totals of  $P_N$  are more closely correlated with temperature ( $R^2 > 0.9$ ) than with irradiance ( $R^2$  of about 0.6 to 0.7). According to the calculated regression a 1 °C increase increases daily total of photosynthesis by some 60 mmol CO<sub>2</sub> per 1 m<sup>2</sup>. An expected increase in temperature as brought about by the climate change could have beneficial effects on  $P_N$ .

rate of photosynthesis; temperature; irradiance; mathematical model; simulation

**ABSTRAKT:** Matematické modely fyziologických procesů se stále více uplatňují při integraci experimentálních poznatků i při simulacích, které často nahrazují finančně i časově náročnější pokusy. Experimentální stanovení ročního průběhu rychlosti fotosyntézy ( $P_N$ ) v přirozených podmínkách a u listů srovnatelných rostlin je prakticky neproveditelné. Přitom se jedná o údaje, které jsou důležité i s ohledem na vliv změn v průběhu roku, indukovaných zvýšením skleníkového efektu. S využitím algoritmů mechanismového modelu fotosyntézy listu, který uveřejnili Harley et al. (1992), byl v jazyku Famulus vyvinutém na Matematicko-fyzikální fakultě Karlovy univerzity v Praze (Dvořák et al., 1992) sestaven model závislosti rychlosti fotosyntézy ( $P_N$ ) na ozáření, koncentraci oxidu uhličitého a kyslíku, teplotě a relativní vzdušné vlhkosti. Pro simulaci byla použita hodinová data ozáření (stanice v Hradci Králové), teploty a relativní vzdušné vlhkosti (stanice v Praze), získaná z Hydrometeorologického ústavu. Pro výpočet délky dne byl použit program vyvinutý na pracovišti autora (Ligr et al., 1995). Model vykazuje vliv ozáření a teploty na  $P_N$  (obr. 1) v souladu s experimentálně stanovenými závislostmi (podrobnější diskuse viz Harley et al., 1992). S algoritmy byly převzaty i hodnoty příslušných parametrů (maximální rychlost karboxylace, oxygenace, závislost rychlosti toku elektronů v tylakoidní membráně na ozáření aj.), které se však mohou u jednotlivých druhů rostlin měnit. V simulacích s jinými hodnotami těchto parametrů by výsledné hodnoty  $P_N$  byly vyšší nebo nižší než námi vypočtené, ale jejich závislost na vnějších faktorech by se nezměnila. Pro každou hodinu každého dne tři let (1990, 1991 a 1992) byla vypočítána rychlost fotosyntézy a její hodinový i denní součet (obr. 2). Denní hodnoty  $P_N$  vykázaly podstatně větší korelaci (obr. 3 a 4) s denní průměrnou teplotou ( $R^2 > 0,9$ ) než s denní soumou ozáření ( $R^2$  mezi 0,6 a 0,7). To znamená, že v našich klimatických podmínkách i v letních měsících je  $P_N$  určována především teplotou a méně ozářením. Při denních průměrných teplotách vyšších než 10 °C bylo stanoveno zvýšení  $P_N$  o 60 mmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> při zvýšení teploty o 1 °C. Předpokládané zvýšení teploty vyvolané zesíleným skleníkovým efektem Země by v našich podmínkách mělo mít velmi příznivý vliv na rychlost fotosyntézy. K tomu je pak třeba přičíst ještě příznivý vliv zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub>.

rychlost fotosyntézy; teplota; ozáření; matematický model; simulace

### INTRODUCTION

Mathematical models became an important tool in plant biology (Nátr, 1989). They are used both to integrate knowledge of separate processes and to make predictions of experimental results under various conditions, treatments, etc. Frequently, simulation runs represent the only way of getting insight into the underlying processes.

Some complex dynamic models of crop productivity have been constructed and tested by various authors and under various soil and climatic conditions (Steduto et al., 1995; Wilks et al., 1995). However, most of the published models have been used mainly by their respective authors. Due to the heterogeneity of both hardware and software, no standards have been developed and adopted by the research community that would enable a simple exchange of modules.

During the last years, several models describing the biochemistry of photosynthesis and stomatal behavior of a leaf have been constructed (Friend, 1995; Nikolov et al., 1995). The biological principles of these models are very similar and differ mainly in their degree of complexity. They are used (1) for a more detailed analysis of experimental data, (2) as a part of a more complex model in plant physiology and ecology, or (3) as a means to analyze leaf, plant or canopy behavior under conditions where experimental approach would be too expensive, technically difficult or even impossible.

In this paper, algorithms of a leaf photosynthesis model published by Harley et al. (1992) were used to write a source code enabling simulations of the rate of photosynthesis as influenced by irradiance,  $\text{CO}_2$  and  $\text{O}_2$  concentrations, temperature and air humidity. Hourly values of global radiation and temperature from the local meteorological station were used to calculate daily course of the rate of photosynthesis ( $P_N$ ) during three successive years. Daily totals were used to determine the annual course of daily  $P_N$  dependence on daily radiation and daily mean temperature.

## MATERIAL AND METHODS

Algorithms of the model by Harley et al. (1992) were used to write the source code in Famulus, a computer language developed at the Faculty of Mathemat-

ics and Physics of the Charles University in Prague (Dvořák et al., 1992). The model calculates the rate of photosynthesis ( $P_N$ ) based on (1) limitations of carboxylation, ribulose-1,5-bisphosphate regeneration and phosphate translocation and on (2) stomatal conductance. Parameters derived by Harley et al. (1992) from their measurements of poplar (*Populus* ssp.) were also used. Day length was calculated by a model developed (Ligr et al., 1995).

Hourly values of radiation ( $\text{J cm}^{-2} \text{hour}^{-1}$ ), temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and relative air humidity for each day of the years 1990, 1991 and 1992 were obtained from the Hydrometeorological Institute in Prague. They were measured at the meteorological station in Prague (temperature) and Hradec Králové (radiation; some 80 km from Prague).

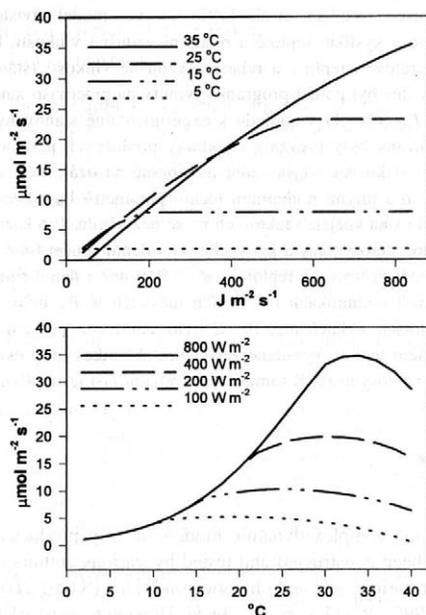
When only daily maximal and minimal temperatures were available, the hourly values were obtained by a sine-exponential function (Wann et al., 1985) using parameters previously computed from large series of data (Mladičová, Nátr, 1991).

Rate of photosynthesis, ( $P_N$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) for each hour, hourly and daily totals were calculated for the years 1990, 1991 and 1992. Daily means of  $P_N$  for the whole year were used to calculate their dependence on temperature and irradiance by using both linear and non-linear regressions.

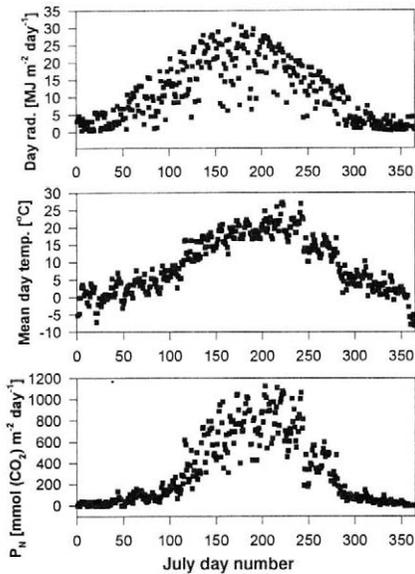
## RESULTS

Photosynthesis simulation yields a typical dependence of  $P_N$  on both temperature and irradiance (Fig. 1). At low temperature,  $P_N$  is saturated at very low irradiance, i.e. at about  $50 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . On the other hand, at  $35^{\circ}\text{C}$  even  $800 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  do not saturate  $P_N$ . The temperature dependence of  $P_N$  shows a typical shift of maximum  $P_N$  to higher temperatures with increasing irradiance. It may be concluded that the model realistically simulates the effects of temperature and irradiance on  $P_N$  (for more discussion see Harley et al., 1992). Daily totals of irradiance and  $P_N$  as well as daily mean temperature (Fig. 2) show the typical annual course.

Annual course of  $P_N$  (Fig. 2) demonstrates a high spread of values especially during the summer months when both mean temperature and total daily irradiance are high. The reasons for it may be deduced from the dependence of  $P_N$  on temperature and irradiance (Fig. 3). Surprisingly much closer correlation between  $P_N$  and temperature than between  $P_N$  and irradiance was detected. The coefficient of determination ( $R^2$ ) confirmed this finding. The values of  $R^2$  for the dependence of  $P_N$  on irradiance and  $P_N$  on temperature were 0.71 and 0.96, 0.66 and 0.94, 0.67 and 0.95 for the years 1990, 1991 and 1992, respectively. The functions of linear regression of these relationships are given in Fig. 4. For the dependence of  $P_N$  on temperature, only data for 1992 were presented because of their similarity in the two other years. It indicates that tem-



1. Dependence of the rate of photosynthesis,  $P_N$  [ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ] on irradiance [ $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ] at various temperatures as given in the figure (ABOVE) and on temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ] at various irradiances as indicated in the figure (BELOW); photosynthesis was calculated by using algorithms of Harley et al. (1992)



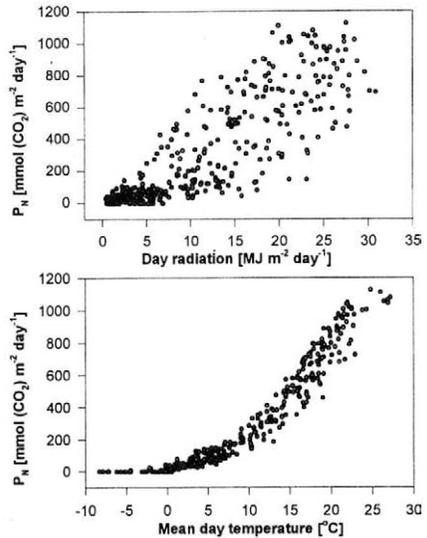
2. Annual course of measured daily total radiation [ $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ], measured mean daily temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ] and simulated rate of photosynthesis  $P_N$  [ $\text{mmol}(\text{CO}_2) \text{m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ]; data for 1992

perature determines  $P_N$  even during summer period of high irradiance.

Although only three years were tested, the differences in the dependence of  $P_N$  on radiation and temperature among years may be evaluated as well. Total radiation ( $\text{MJ m}^{-2} \text{year}^{-1}$ ) and photosynthesis ( $\text{mmol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{year}^{-1}$ ) and the mean annual temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) were 4 175, 115 510 and 9.4; 3 727, 97 287 and 8.0; 3 873, 105 510 and 9.4 for the year 1992, 1991 and 1990, respectively. The coefficient of linear regression of  $P_N$  on radiation was  $39.5 \text{ mmol}(\text{CO}_2) \text{MJ}^{-1}$  with a correlation coefficient  $R^2 = 0.979$ , and that of  $P_N$  on temperature  $266.5 \text{ mmol}(\text{CO}_2) ^{\circ}\text{C}^{-1}$  with the correlation coefficient  $R^2 = 0.722$ .

## DISCUSSION

There is no doubt that both experimental and simulation data of the rate of photosynthesis would differ according to the biochemical and physical parameters of the genotype applied in the model. In fact, a nearly infinite number of combinations of photosynthetic properties could be constructed by combining values of the ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) characteristics and other parameters used in this model of Harley et al. (1992) or in any other dynamic and complex model of leaf photosynthesis (Friend, 1995). On the other hand, recent mechanistic models of a leaf gas exchange incorporate most of what is known about biochemistry and physiology of photosynthesis, respiration, transpiration and stomata functioning. These models often use analysis intro-

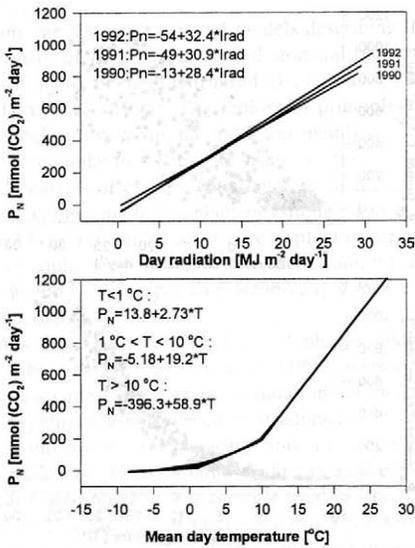


3. Dependence of the rate of photosynthesis  $P_N$  [ $\text{mmol}(\text{CO}_2) \text{m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ] on daily total radiation [ $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ] or on mean daily temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]; data from Fig. 2

duced by Farquhar et al. (1980). Hence, it seems to be of prime importance to further analyze most of the parameters the values of which are being deduced from experiments. It is necessary to understand better how the individual parameters are determined by both the genotype and environmental conditions of the experiment in order to replace values deduced from regressions with data characterizing some functional properties of the plant (Overman, Wilkinson, 1995).

The radiation use efficiency among the years (as expressed by the ratio of  $P_N$  to radiation) varies only from  $28.4 \text{ mmol CO}_2$  per MJ for the year 1990 to  $32.4 \text{ mmol CO}_2$  per MJ for 1992 (Fig. 4). Assuming that  $44 \text{ g CO}_2$  correspond to  $30 \text{ g dry mass} [\text{CH}_2\text{O}]$ , these values represent a production from  $0.825$  to  $0.972 \text{ g (dry mass) per MJ}$ . These values would double if expressed for photosynthetically active radiation which is very similar to data published for various crops and climatic conditions (Reddy, 1995). This is another indication of the reliability of the simulated values and their agreement with experimental data.

The whole range of temperature dependence has been divided into three regions: temperature lower than  $1 ^{\circ}\text{C}$ , temperature between  $1 ^{\circ}\text{C}$  and  $10 ^{\circ}\text{C}$  and temperature higher than  $10 ^{\circ}\text{C}$ . This division was quite arbitrary and deduced from visual evaluation of the data in Fig. 2. Although non-linear fit of several functions to all the data gave very high coefficients of determination, the linear regression was selected because of its simplicity. Furthermore, low values of  $P_N$  as calculated for temperatures below  $10 ^{\circ}\text{C}$  did not contribute in a decisive way to the daily total of photosynthesis.



4. Linear regression of the rate of photosynthesis  $P_N$  [mmol (CO<sub>2</sub>) m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>] on daily total radiation [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>] for 1990, 1991 and 1992 or on mean daily temperature [°C] for 1992; for the dependence of  $P_N$  on temperature, the whole region of temperatures was divided into three subsets where separate linear regressions were calculated as indicated in the figure

It may be concluded that for temperatures above 10 °C a 1 °C increase increases the daily total of photosynthesis by about 60 mmol (CO<sub>2</sub>) per 1 m<sup>2</sup>, i.e. by some 1.8 g of dry mass.

It would be extremely difficult to experimentally determine  $P_N$  of the samples physiologically identical during each day of the whole year. Simulation runs make it easy. It may be of lesser importance that the simulations have been performed by using data derived from just one set of experiments carried out under different climatic conditions (Harley et al., 1992). In order to assess the daily and annual course of  $P_N$ , similar parameters when applied with other models of comparable complexity would produce similar results.

It is surprising, that under climatic conditions typical for this region,  $P_N$  is more closely correlated with temperature than irradiance (Fig. 3 and 4). Although the  $R^2$  value for the dependence of  $P_N$  on irradiance is quite high, that on temperature reaches 0.95. Hence, an expected increase in temperature as brought about by the climate change (Grashoff et al., 1995) could have very beneficial effect on  $P_N$ . Similarly, breeding of crops with a modified sensitivity of their photosynthesis to temperature could be effective in increasing yields.

## Acknowledgements

My thanks belong to Dr. P. C. Harley for his help in writing the source code. I am also grateful to M. Ligr for his correction of my English.

## REFERENCES

- DVOŘÁK, L. – LEDVINKA, T. – SOBOTKA, M.: Famulus 3.5. User's Manual. Computer Equipment, Famulus Etc. 1992. (In Czech.)
- FARQUHAR, G. D. – CAEMERER, S. VON – BERRY, J. A.: A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> species. *Planta*, 149, 1980: 78–90.
- FRIEND, A. D.: PGEN: an integrated model of leaf photosynthesis, transpiration, and conductance. *Ecol. Model.*, 77, 1995: 233–255.
- GRASHOFF, C. – DIJKSTRA, P. – NONHEBEL, S. – SCHAPENDONK, H. C. M. – GEIJN, S. C. VAN DE: Effects of climate change on productivity of cereals and legumes; model evaluation of observed year-to-year variability of the CO<sub>2</sub> response. *Glob. Change Biol.*, 1, 1995: 417–428.
- HARLEY, P. C. – THOMAS, R. B. – REYNOLDS, J. F. – STRAIN, B. R.: Scaling carbon dioxide and water vapour exchange from leaf to canopy in a deciduous forest. I. Leaf model parametrization. *Pl. Cell Envir.*, 15, 1992: 271–282.
- LIGR, M. – RON, C. – NÁTR, L.: Calculation of the photo-period length. *CABIOS*, 11, 1995: 133–139.
- NÁTR, L.: Kurze Übersicht über die Methoden und Ergebnisse der Ertragsbildungs- und Bodenprozessmodellierung in ČSSR. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin*, 275, 1989: 31–34.
- NIKOLOV, N. T. – MASSMAN, W. J. – SCHOETTLE, A. W.: Coupling biochemical and biophysical processes at the leaf level: an equilibrium photosynthesis model for leaves of C3 plants. *Ecol. Model.*, 80, 1995: 205–235.
- OVERMAN, A. R. – WILKINSON, S. R.: An extended nitrogen, phosphorus, and potassium model for tall fescue. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 26, 1995: 3417–3434.
- REDDY, S. J.: Over-emphasis on energy terms in crop yield models. *Agric. For. Meteorol.*, 77, 1995: 113–120.
- STEDUTO, P. – POCUCA, V. – CALIANDRO, A. – DEBAEKE, P.: An evaluation of the crop-growth simulation submodel of EPIC for wheat grown in a Mediterranean climate with variable soil-water regimes. *Eur. J. Agron.*, 4, 1995: 335–345.
- WILKS, D. S. – WOLFE, D. W. – RIHA, S. J.: Simple carbon assimilation response functions from atmospheric CO<sub>2</sub>, and daily temperature and shortwave radiation. *Glob. Change Biol.*, 1, 1995: 337–346.

Received on November 20, 1996

## Contact Address:

Prof. RNDr. Lubomír Nátr, DrSc., Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Viničná 5, 128 44 Praha 2, Česká republika, tel.: 02/21 95 31 84, fax: 02/21 95 31 84, e-mail: natr@prfdec.natur.cuni.cz

# RŮSTOVÁ ODEZVA JARNÍHO JEČMENE NA KRÁTKODOBOU I DLOUHODOBOU EXPOZICI FLUORANTHENU

## GROWTH RESPONSE OF SPRING BARLEY TO SHORT- OR LONG-PERIOD EXPOSURES TO FLUORANTHENE

M. Kummerová, L. Slovák, I. Holoubek

*Masaryk University, Faculty of Sciences, Brno, Czech Republic*

**ABSTRACT:** Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) participate to a considerable extent in the increasing anthropogenic pollution of environment. These persistent organic compounds penetrate into the food-chain and can operate as potential carcinogens, mutagens and teratogens (Wang, Freemark, 1995). The increased loading of PAHs can be a decisive factor for the future diversity of plant species in the habitat and it often determines the level of economic yields. The monitoring of PAHs in the environment gives information about a long-term loading of the biotope but it does not permit to judge the influence of their short-time effect. Polycyclic aromatic hydrocarbons can affect all stages of plant growth (Graset et al., 1993). A sensitive response to PAHs loading can be assumed above all in the first stages of ontogenesis. In this relatively short period the plant has not yet sufficient detoxicative ability. It was a reason why the effect of short-time (48 hrs) and a long-time (28 days) exposure of barley seedlings in a nutrient solution with an increasing concentration (10, 100 and 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) of fluoranthene (FLT) was examined with a special regard to their growth and the content of assimilatory pigments at the beginning of ontogenesis. The FLT amount and its translocation in the plants were investigated too. A suitable parameter for measuring of the effect of PAHs, in this case fluoranthene, on the growth of the plant organism is determined by its dry matter. Dry matter content and its distribution permits to find the extent of growth response of individual plant organs (Kummerová et al., 1996). Higher fluoranthene concentrations (100 and 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) caused a significant inhibition of biomass production (Tabs I and II) and of the content of photosynthetic pigments (chlorofyll *a*, *b*, carotenoids) in spring barley plants (Tabs VII and VIII), both in long-time and short-time exposures. The leaf area size (Tabs V and VI) and the content of photosynthetic pigments are, by a lot of authors, included among the primary symptoms of the possible effect of PAHs on plants (Lewis, 1995a, b). They inform about the internal injury of the plant organism before the external symptoms of effect of loading are evident. The results of the present study confirm the sensitivity of the above-mentioned parameters. The lowest concentration of FLT applied (10  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) caused a stimulation or an inhibition of plant growth which depended on the length of exposure. The results obtained documented the fact that the inhibition of plant growth of spring barley was due to the short-time exposure combined with the higher concentrations of fluoranthene. The FLT content in the plant tissue correlated with the FLT content in the culture medium (Tabs III and IV). The highest FLT content in the course of the period studied was found in the roots, the lowest one in the leaves. FLT translocation into the shoots was demonstrated. The FLT effect was more intensive if the length of cultivation extended and it was the function of the accumulated amount in the tissue. The study has confirmed a significant effect of short-time exposure to FLT on the growth of plants. It has proved the fact that the FLT content accumulated by spring barley in short-time exposure can create comparable symptoms (growth stimulation or inhibition) with the long-term load.

spring barley; PAHs; fluoranthene; exposure time; growth; photosynthetic pigments

**ABSTRAKT:** Byl sledován vliv krátkodobého (48 h) a dlouhodobého (28 dní) působení zvyšující se koncentrace fluoranthenu (FLT) v živném roztoku (10, 100 a 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) na růst a obsah asimilačních pigmentů jarního ječmene. Byl hodnocen obsah FLT a jeho translokace v rostlinách. Vyšší koncentrace fluoranthenu (100 a 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) způsobily signifikantní inhibici tvorby biomasy a obsahu fotosyntetických pigmentů (chlorofyl *a*, *b*, karotenoidy) jarního ječmene, a to při dlouhodobé i krátkodobé expozici. Nejnižší aplikovaná koncentrace (FLT 10) způsobila stimulaci nebo inhibici růstu rostlin, a sice v závislosti na délce zatížení. Získané výsledky dokládají, že inhibici růstu rostlin ječmene způsobila již krátkodobá expozice vyššími koncentracemi fluoranthenu. Obsah FLT v rostlinném pletivu koreloval s obsahem FLT v kultivačním médiu. Nejvyšší obsah FLT v průběhu sledovaného období byl zaznamenán v kořenech, nejnižší v listech. Byla prokázána translokace FLT do nadzemních částí rostlin. Vliv FLT se prohluboval s prodlužující se délkou kultivace a byl funkcí akumulovaného množství v pletivu.

jarní ječmen; PAHs; fluoranthen; doba expozice; růst; fotosyntetické pigmenty

Polyaromatické uhlovodíky přijaté rostlinami vyvolávají řadu metabolických změn, mohou být regulátorem růstu a morfogeneze rostlin (Wang, Freemerk, 1995). Zvýšené zatížení PAHs může být jedním z limitujících faktorů četnosti a distribuce rostlinných druhů v biotopu. Senzitivita je rozdílná v rámci taxonomických druhů, závisí na typu xenobiotika a je podmíněna genotypem, ontogenetickým stupněm vývoje, kutikulární permeabilitou, typem a koncentrací toxikantu, dobou expozice, obsahem organické hmoty v prostředí, podmínkami výživy, světelnou intenzitou a také pH a teplotou (Ryan et al., 1988; Schroll et al., 1994). Odezva rostlinného organismu integruje spolupůsobení vnitřních a vnějších faktorů.

Polyaromáty mohou v závislosti na době a intenzitě působení vyvolávat akutní, chronické i latentní poškození rostlin, zejména v interakci s dalšími environmentálními faktory (Harkey et al., 1995). Monitorování PAHs v prostředí poskytuje informace o dlouhodobém zatížení biotopu, neumožňuje však posoudit vliv jejich krátkodobého účinku. Ojedinelé jsou studie hodnotící krátkodobý vliv polyaromátů, zejména na počátku ontogeneze. V tomto období dochází vlivem zvýšených nutričních požadavků k vysokému zatížení rostlin těmito sloučeninami.

Hodnocení biologických parametrů (klíčení, tvorba biomasy, enzymatická aktivita) může mít větší výpovědní hodnotu o potenciálním riziku na rostliny než analýzy koncentrací sloučenin v půdě, vodě a vzduchu. Rezistence rostlin je ovlivněna poměrem příjmu PAHs kořeny nebo nadzemní částí, translokací a distribucí do orgánů a pletiv a schopností detoxifikace (Lewis, 1995a).

Práce hodnotí vliv krátkodobého i dlouhodobého zatížení jarního ječmene fluoranthenem na počátku ontogeneze. Tato kulturní plodina zaujímá významný podíl z celkových osevních ploch, uplatňuje se nemalou měrou v potravním řetězci. Získané výsledky mohou být uplatněny i při tvorbě matematických modelů, sloužících k predikci vlivu PAHs na vegetaci. Umožňují porozumět vztahu mezi expozicí a potenciálním ekologickým rizikem.

Terestrický ekosystém je vystaven synergickému působení řady PAHs. Pro vysvětlení osudu polyaromatických sloučenin v rostlinách a posouzení toxicity jsou nezbytné informace o účincích jednotlivých sloučenin. Zvolený FLT náleží k nejfrekventovanějším polyaromátům v ČR. Aplikované koncentrace překlenují rozsah akutního a chronického zatížení v přirozeném ekosystému.

## MATERIÁL A METODA

Experimentálním materiálem byl jarní ječmen (*Hordeum vulgare* L., odrůda Korál). Proběhly dva samostatné experimenty s rozdílnou dobou zatížení rostlin fluoranthenem: krátkodobá expozice (48 h) a dlouhodobá expozice (28 dní).

V prvním experimentu byly třídení klíční rostliny jarního ječmene umístěny do kultivačních van s 2,5 l Reid-Yorkova živného roztoku. Po 9 dnech byly rostliny převedeny na 48 h (krátkodobá expozice) do Reid-Yorkova živného roztoku se zvyšující se koncentrací FLT (10, 100 a 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ). Poté byly rostliny kultivovány opět v živném roztoku bez FLT. Množství a alokace biomasy, listové plochy, obsah fotosyntetických pigmentů a obsah FLT byly stanoveny po 16, 22 a 28 dnech kultivace rostlin.

V druhém experimentu byly třídení klíční rostliny umístěny do Reid-Yorkova živného roztoku se zvyšující se koncentrací FLT (10, 100 a 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ). Kultivace probíhala 28 dní. Sledované parametry byly stanoveny po 22 a 28 dnech kultivace rostlin.

V obou experimentech byly rostliny kultivovány za přirozeného osvětlení ve skleníku ve stacionární, provozušířované vodní kultuře. Živný roztok byl vyměňován každý třetí den v průběhu kultivačního období.

Fluoranthen (fy SUPELCO, USA) byl rozpuštěn v acetonu (fy LABSCAN, Irsko) v poměru 1 : 100 a poté aplikován do živného roztoku. Použitě rozpouštědlo neovlivnilo na základě našich předchozích experimentů růst rostlin ječmene (Slovák et al., 1993). Koncentrace FLT v živném roztoku byla 10, 100 a 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ . V textu je zatížení označeno: FLT 10, FLT 100 a FLT 1000. Kontrolním roztokem byl Reid-Yorkův živný roztok.

Před stanovením hmotnosti sušiny byly rostliny (15 z každé varianty) rozděleny na kořeny, listové čepele a zbytek, označovaný jako stonek (většinu z něho tvořily listové pochvy). Po stanovení sušiny byly tyto vzorky použity k chemickým analýzám.

Listová plocha byla zjištěna měřením délky a šířky každého listu. Pro výpočet byl použit korekční faktor podle Lazarova (Šesták, Čadský, 1966). První list je ontogeneticky nejstarší.

Obsah fotosyntetických pigmentů (chlorofyl *a*, *b*, karotenoidy) byl stanoven spektrofotometricky. Extrakce pigmentů z 10 rostlin 100% acetonem byla provedena u jednotlivých stanovení vždy z nejmladšího, plně vyvinutého listu. Výpočet proběhl podle publikované metodiky (Holm, 1954).

Koncentrace FLT v biomase rostlin ječmene byla stanovena chromatograficky po Soxhletově extrakci a následném přečištění. K extrakci byly použity 2 g vysušeného a rozemletého materiálu. K naváženému vzorku bylo přidáno vhodné množství vnitřního standardu (deuterovaný perylen) pro kontrolu výtěžnosti postupu. K extrakci bylo použito 190 ml dichlormetanu, vzorek byl poté odpařen pomocí rotační vakuové odparky na objem cca 5 ml. Takto zakonzentrovaný extrakt byl odpařen do sucha za laboratorní teploty proudem dusíku. Odparek byl rozpuštěn v 5 ml chloroformu a přefiltrován na filtrační kolonci pomocí zařízení Dorcus za mírného vakua, zahuštěn a naředěn na vhodnou koncentraci (250  $\text{mg ml}^{-1}$ ) chloroformem. Pro následnou analýzu byla jímána frakce 16 až 25 ml, eluát byl odpařen mírným proudem dusíku za labora-

torní teploty na objem 1 ml. Vzorek byl poté analyzován plynovou chromatografií na kapilární koloně HP-5. Obsah FLT byl stanoven metodou externího standardu.

Získané výsledky jsou průměrem tří opakování v každé variantě. Průkaznost rozdílů průměrných hodnot mezi variantami byla hodnocena *t*-testem.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Studium příjmu organických xenobiotických sloučenin je základním předpokladem pro hodnocení bioakumulace, transformace a fytotoxicity (Wild, Jones, 1992). Výsledky získané monitorováním obsahu PAHs ve vegetaci neumožňují rozlišení podílu vlivu krátkodobé a dlouhodobé expozice. Studium vlivu doby zatížení je nedílnou součástí problematiky řešící vliv zvyšujícího se antropogenního zatížení životního prostředí.

Polycyklické aromatické uhlovodíky mohou ovlivňovat všechna stadia růstu rostlin (Grasset et al., 1993). Citlivou odezvu na zatížení PAHs lze předpokládat zejména v prvních etapách ontogeneze (klíčení, elongace kořene), které jsou rozhodující pro budoucí diverzitu rostlinných druhů v biotopu a často determinují výši hospodářských výnosů. Na počátku vývoje jsou aktivovány mechanismy mobilizace a transformace zásobních látek a metabolické procesy související s přechodem heterotrofie na autotrofii. V tomto relativně krátkém období rostlina doposud nedisponeuje dostatečnými detoxifikačními schopnostmi. Proto byl konfrontován vliv krátkodobé i dlouhodobé expozice zvyšující se koncentrace fluoranthenu na růst jarního ječmene na počátku ontogeneze.

Aplikovaný fluoranthen náleží vedle benzo(a)pyrenu k nejfrekvencovanějším a nejsledovanějším polyar-

mátům. Citlivá a rychlá odezva rostlin na jeho přítomnost v prostředí, plynoucí z jeho vlastností a struktury, řadí tento PAHs k modelovým sloučeninám. Z půdy je příjem PAHs limitován řadou faktorů nehomogenního prostředí, což neumožňuje zcela objektivní posouzení jejich příjmu. Proto byla kultivace rostlin jarního ječmene provedena v homogenním prostředí živného roztoku se zvyšující se koncentrací FLT. Zvolená koncentrační řada (10, 100 a 1000  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) simuluje přirozené až zvýšené zatížení PAHs v půdním prostředí.

PAHs přijaté rostlinami ovlivňují řadu biochemických procesů, které se zákonitě odrážejí v růstu a vývoji rostlin. Vhodným parametrem pro posouzení vlivu PAHs, v tomto případě fluoranthenu, na růst rostlinného organismu je stanovení hmotnosti sušiny. Její produkce je spolehlivým vnějším ukazatelem vnitřního ovlivnění metabolismu rostlin. Obsah a distribuce sušiny umožňuje posoudit míru ovlivnění jednotlivých rostlinných orgánů.

Hmotnost sušiny jednotlivých orgánů jarního ječmene v průběhu krátkodobé a dlouhodobé expozice je uvedena v tab. I a II. Z výsledků je zřejmý inhibiční efekt fluoranthenu (FLT 100 a FLT 1000) na růst rostlin, který byl zaznamenán v obou experimentech po 22 dnech kultivace. Je zřejmé, že k významnému snížení tvorby biomasy (hodnoceno po 16 dnech) postačuje již krátkodobá expozice (48 h) nejvyšší aplikovanou koncentrací (FLT 1000). Dvoudenní aplikace fluoranthenu vyvolala i po 28denní kultivaci srovnatelnou míru inhibice tvorby biomasy jako dlouhodobé zatížení.

Vliv zvyšující se koncentrace v roztoku (FLT 10, FLT 100 a FLT 1000), doložitelný sníženým obsahem sušiny v jednotlivých rostlinných orgánech ve srovnání s kontrolou, se prohluboval s délkou kultivace. Míra inhibice korelovala s množstvím akumulovaného FLT

I. Sušina (mg) jarního ječmene vystaveného krátkodobé expozici (48 h) zvyšující se koncentrace FLT – Dry matter (mg) of spring barley exposed for short-time (48 h) to increasing FLT concentration

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Sušina <sup>3</sup> [ $\mu\text{g}$ ]			
		kořen <sup>4</sup>	stonek <sup>5</sup>	list <sup>6</sup>	rostlina <sup>7</sup>
16	kontrola <sup>8</sup>	7,90	13,00	27,30	48,20
	FLT 10	8,00	13,30	27,00	48,30
	FLT 100	7,90	12,60	26,70	47,30
	FLT 1000	7,60	10,40 <sup>b</sup>	23,60 <sup>b</sup>	41,70 <sup>b</sup>
22	kontrola	11,40	15,20	55,40	66,90
	FLT 10	10,90	16,10	44,80 <sup>b</sup>	71,90
	FLT 100	9,30 <sup>a</sup>	13,30	32,90 <sup>b</sup>	55,60 <sup>b</sup>
	FLT 1000	8,80 <sup>a</sup>	13,10	31,80 <sup>b</sup>	53,90 <sup>b</sup>
28	kontrola	16,10	22,90	63,80	102,80
	FLT 10	14,90	21,50	57,20 <sup>a</sup>	94,70
	FLT 100	14,20 <sup>a</sup>	18,80	51,70 <sup>a</sup>	84,70 <sup>a</sup>
	FLT 1000	10,90 <sup>b</sup>	14,80 <sup>b</sup>	43,90 <sup>b</sup>	69,60 <sup>b</sup>

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

Rozdíl oproti kontrole: <sup>a</sup>signifikantní ( $t = 2,79$ ), <sup>b</sup>vysoce signifikantní ( $t = 4,60$ ) – Difference against control: <sup>a</sup>significant ( $t = 2,79$ ), <sup>b</sup>highly significant ( $t = 4,60$ )

<sup>1</sup>days of cultivation, <sup>2</sup>concentration, <sup>3</sup>dry matter, <sup>4</sup>root, <sup>5</sup>stalk, <sup>6</sup>leaf, <sup>7</sup>plant, <sup>8</sup>control

II. Sušina (mg) jarního ječmene vystaveného dlouhodobé expozici (28 dní) zvyšující se koncentrace FLT – Dry matter (mg) of spring barley exposed for long-time (28 days) to increasing FLT concentration

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Sušina <sup>3</sup> [ $\mu\text{g}$ ]			
		kořen <sup>4</sup>	stonek <sup>5</sup>	list <sup>6</sup>	rostlina <sup>7</sup>
22	kontrola <sup>8</sup>	19,20	39,90	26,00	85,20
	FLT 10	21,30	53,70 <sup>a</sup>	29,00	104,00 <sup>a</sup>
	FLT 100	16,70 <sup>a</sup>	29,10 <sup>b</sup>	25,00	70,90 <sup>b</sup>
	FLT 1000	16,10 <sup>a</sup>	26,10 <sup>b</sup>	21,40 <sup>b</sup>	63,70 <sup>b</sup>
28	kontrola	21,10	46,10	53,10	120,20
	FLT 10	20,80	44,40	54,50	119,70
	FLT 100	17,00 <sup>a</sup>	29,90 <sup>b</sup>	44,60 <sup>a</sup>	91,40 <sup>b</sup>
	FLT 1000	14,30 <sup>b</sup>	18,60 <sup>b</sup>	41,60 <sup>b</sup>	74,40 <sup>b</sup>

For 1–8 see Tab. I

III. Koncentrace fluoranthenu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) v sušině jarního ječmene vystaveného krátkodobé expozici (48 h) zvyšující se koncentrace FLT (n.d. – nedetekovatelné) – Concentration of fluoranthene ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) in the dry matter of spring barley exposed for a short-time (48 h) to increasing FLT concentration (n.d. – not detectable)

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Koncentrace fluoranthenu <sup>3</sup> [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ]			
		kořen <sup>4</sup>	stonek <sup>5</sup>	list <sup>6</sup>	rostlina <sup>7</sup>
16	kontrola <sup>8</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	FLT 10	0,526	0,049	0,013	0,588
	FLT 100	0,684	0,053	0,021	0,758
	FLT 1000	14,397	0,137	0,051	14,585
22	kontrola	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	FLT 10	0,513	0,042	0,012	0,567
	FLT 100	0,670	0,049	0,017	0,734
	FLT 1000	13,226	0,139	0,046	13,411
28	kontrola	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	FLT 10	0,480	0,038	0,010	0,528
	FLT 100	0,674	0,044	0,023	0,741
	FLT 1000	13,026	0,129	0,041	13,196

For 1, 2, 4–8 see Tab. I, <sup>3</sup>concentration of fluoranthene

v pletivu jednotlivých rostlinných orgánů (tab. III a IV). Uvedená skutečnost byla prokázána při krátkodobém i dlouhodobém zatížení rostlin FLT. Nejvyšší obsah akumulovaného FLT byl detekován v kořenech rostlin, což souvisí s primární interakcí kořenového systému s FLT a pravděpodobně také s jeho nižší metabolizací. Po krátkodobé expozici FLT byl v průběhu následné kultivace zaznamenán snižující se obsah FLT v pletivu rostlinných orgánů, zřejmě v důsledku detoxikace. Naproti tomu při dlouhodobé expozici, kdy byly rostliny ječmene vystaveny účinku FLT kontinuálně, byl na konci kultivačního období zaznamenán v pletivu orgánů více než dvojnásobný obsah FLT oproti krátkodobé expozici (tab. III a IV). Toto množství fluoranthenu zřejmě výrazně přesahuje degradační potenciál rostlin ječmene.

Výsledky dokládají rovněž významnou translokaci FLT do nadzemních částí rostlin, a to při krátkodobé i dlouhodobé expozici. Přestože hodnoty FLT detekované v listech a stoncích jsou řádově mnohem nižší než

v kořenech, míra inhibice tvorby biomasy je mezi rostlinnými orgány srovnatelná. Domníváme se, že toxicita je podmíněna nejen množstvím přijatého PAH, ale především schopností a rychlostí jeho metabolizace, kdy dochází k tvorbě toxických meziproductů. Ze srovnání uvedených výsledků s hodnocením vlivu FLT na růst rostlin kukuřice (Kummerová et al., 1996) je zřejmé, že senzitivita rostlin k PAHs vykazuje významné mezidruhové rozdíly (Schramm, Hutzinger, 1990).

Stimulační působení PAHs, které uvádějí někteří autoři (Wild et al., 1992; Kummerová et al., 1995), je zejména otázkou aplikované koncentrace a délky jejího působení v rostlinách. Z tab. I a II je patrné dočasné pozitivní ovlivnění tvorby biomasy nejnižší aplikovanou koncentrací (FLT 10). Po 28 dnech kultivace byl stimulační efekt nahrazen inhibicí.

Velikost listové plochy a obsah fotosyntetických pigmentů jsou mnoha autory řazeny mezi primární ukazatele možného ovlivnění rostlin PAHs (Lewis, 1995b). Informují o vnitřním poškození rostlinného or-

IV. Koncentrace fluoranthenu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) v sušině jarního ječmene vystaveného dlouhodobé expozici (28 dní) zvyšující se koncentrace FLT (n.d. – nedetekovatelné) – Concentration of fluoranthene ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) in the dry matter of spring barley exposed for a long-time (28 days) to increasing FLT concentration (n.d. – not detectable)

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Koncentrace fluoranthenu <sup>3</sup> [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ]			
		kořen <sup>4</sup>	stonek <sup>5</sup>	list <sup>6</sup>	rostlina <sup>7</sup>
22	kontrola <sup>8</sup>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	FLT 10	0,670	0,052	0,015	0,734
	FLT 100	0,832	0,065	0,029	0,926
	FLT 1000	16,307	0,140	0,047	16,494
28	kontrola	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	FLT 10	0,891	0,076	0,034	1,004
	FLT 100	1,295	0,093	0,067	1,455
	FLT 1000	31,278	0,259	0,096	31,633

For 1, 2, 4–8 see Tab. I, <sup>3</sup>concentration of fluoranthene

V. Listová plocha ( $\text{cm}^2$ ) jarního ječmene vystaveného krátkodobé expozici (48 h) zvyšující se koncentrace FLT – Leaf area ( $\text{cm}^2$ ) of spring barley exposed for a short-time (48 h) to increasing FLT concentration

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	List <sup>3</sup>		
		1.	2.	3.
16	kontrola <sup>8</sup>	5,68	9,75	–
	FLT 10	5,94	10,27	–
	FLT 100	4,94 <sup>a</sup>	7,92 <sup>b</sup>	–
	FLT 1000	4,50 <sup>b</sup>	7,32 <sup>b</sup>	–
22	kontrola	5,16	9,49	–
	FLT 10	5,42	10,29 <sup>a</sup>	–
	FLT 100	4,42 <sup>a</sup>	7,72 <sup>b</sup>	–
	FLT 1000	3,85 <sup>b</sup>	6,83 <sup>b</sup>	–
28	kontrola	4,99	10,53	13,68
	FLT 10	5,22	10,10 <sup>b</sup>	12,63
	FLT 100	4,53	8,26 <sup>b</sup>	10,64 <sup>b</sup>
	FLT 1000	4,16 <sup>b</sup>	6,35 <sup>b</sup>	7,44 <sup>b</sup>

For 1, 2, 8 see Tab. I, <sup>3</sup>leaf

VI. Listová plocha ( $\text{cm}^2$ ) jarního ječmene vystaveného dlouhodobé expozici (28 dní) zvyšující se koncentrace FLT – Leaf area ( $\text{cm}^2$ ) of spring barley exposed for a long-time (28 days) to increasing FLT concentration

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	List <sup>3</sup>		
		1.	2.	3.
22	kontrola <sup>8</sup>	5,15	9,24	–
	FLT 10	5,43	10,66	–
	FLT 100	5,09	9,04	–
	FLT 1000	4,76 <sup>b</sup>	8,85	–
28	kontrola	5,15	10,44	15,02
	FLT 10	4,98	9,65	14,50
	FLT 100	4,71	8,46 <sup>a</sup>	10,91 <sup>b</sup>
	FLT 1000	–	7,98 <sup>b</sup>	8,28 <sup>b</sup>

For 1, 2, 8 see Tab. I, <sup>3</sup>leaf

VII. Obsah chlorofylů (*a*, *b*) a karotenoidů (*c*) v listech jarního ječmene ( $\text{mg g}^{-1}$  sušiny) vystaveného krátkodobé expozici (48 h) zvyšující se koncentrace FLT – Content of chlorophylls (*a*, *b*) and carotenoids (*c*) in leaves of spring barley ( $\text{mg g}^{-1}$  of dry weight) exposed for a short-time (48 h) to increasing FLT concentration

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Fotosyntetické pigmenty <sup>3</sup>		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
16	kontrola <sup>4</sup>	8,11	3,01	3,20
	FLT 10	8,18	3,10	3,18
	FLT 100	7,96	2,94	3,16
	FLT 1000	7,81 <sup>b</sup>	2,87	3,18
22	kontrola	7,18	3,62	2,49
	FLT 10	6,94 <sup>a</sup>	3,44	2,14 <sup>b</sup>
	FLT 100	6,90 <sup>b</sup>	3,43	2,16 <sup>b</sup>
	FLT 1000	6,75 <sup>b</sup>	3,27	2,11 <sup>b</sup>
28	kontrola	7,49	3,50	2,88
	FLT 10	6,95 <sup>b</sup>	3,11 <sup>a</sup>	2,49 <sup>b</sup>
	FLT 100	6,84 <sup>b</sup>	2,60 <sup>b</sup>	2,60 <sup>b</sup>
	FLT 1000	2,88 <sup>b</sup>	0,92 <sup>b</sup>	1,19 <sup>b</sup>

For 1, 2, 8 see Tab. I, <sup>3</sup>photosynthetic pigments

VIII. Obsah chlorofylů (*a*, *b*) a karotenoidů (*c*) v listech jarního ječmene ( $\text{mg g}^{-1}$  sušiny) vystaveného dlouhodobé expozici (28 dní) zvyšující se koncentrace FLT – Content of chlorophylls (*a*, *b*) and carotenoids (*c*) in leaves of spring barley ( $\text{mg g}^{-1}$  of dry weight) exposed for a long-time (28 days) to increasing FLT concentration

Dny kultivace <sup>1</sup>	Koncentrace <sup>2</sup> FLT [ $\mu\text{g l}^{-1}$ ]	Fotosyntetické pigmenty <sup>3</sup>		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
22	kontrola <sup>4</sup>	10,53	3,98	4,34
	FLT 10	10,25 <sup>a</sup>	3,63 <sup>b</sup>	4,02 <sup>a</sup>
	FLT 100	9,39 <sup>b</sup>	3,59 <sup>b</sup>	3,42 <sup>b</sup>
	FLT 1000	8,38 <sup>b</sup>	3,44 <sup>b</sup>	2,90 <sup>b</sup>
28	kontrola	9,70	3,74	4,07
	FLT 10	7,85 <sup>b</sup>	2,58 <sup>b</sup>	3,65 <sup>b</sup>
	FLT 100	5,91 <sup>b</sup>	1,99 <sup>b</sup>	2,66 <sup>b</sup>
	FLT 1000	3,71 <sup>b</sup>	0,98 <sup>b</sup>	1,68 <sup>b</sup>

For 1, 2, 8 see Tab. I, <sup>3</sup>photosynthetic pigments

ganismu PAHs dřive, než jsou patrné vnější symptomy vlivu zatížení. Rovněž výsledky této práce potvrzují senzitivitu uvedených ukazatelů. Zejména změny v obsahu fotosyntetických pigmentů limitují rychlost fotosyntézy (Foster, 1991) a následně produkci biomasy. Tuto skutečnost dokládají výsledky uvedené v tab. V až VIII. Při krátkodobé i dlouhodobé expozici zvyšující se koncentraci fluoranthenu korelovala velikost listové plochy a obsah fotosyntetických pigmentů s produkcí biomasy (tab. I a II) a obsahem FLT v pletivu (tab. III a IV). Z detekovaných pigmentů bylo zaznamenáno nejvyšší snížení obsahu chlorofylu *b*. Při hodnocení vlivu PAHs na obsah fotosyntetických pigmentů se v podmínkách přirozeného stanoviště mohou uplatňovat mnohé interaktivní faktory (vliv minerální výživy, obsah těžkých kovů atd.). Rozlišit jejich vliv je však velmi problematické.

Studie potvrdila významný vliv krátkodobé expozice FLT na růst rostlin. Prokázala, že obsah přijatého

FLT jarním ječmenem při krátkodobé expozici může vyvolat srovnatelné symptomy (stimulaci nebo inhibici růstu) jako dlouhodobé zatížení.

## LITERATURA

- FOSTER, J. F.: Ecological exposure and effects of airborne toxic chemicals. An Overview. In: U.S. EPA/600/3-91/001, 1991.
- GRASSET, F. B. – GRASSET, S. B. – SAFFERMAN, S. I.: Evaluation of the bioremediation of a contaminated soil with phytotoxicity tests. *Chemosphere*, 26, 1993: 1365–1374.
- HARKEY, G. A. – HOF, P. L. VAN – LANDRUM, P. F.: Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons from a historically contaminated sediment core. *Envir. Toxicol. Chem.*, 14, 1995: 1551–1560.
- HOLM, G.: Chlorophyll mutations in barley. *Acta Agric. Scand.*, 4, 1954: 457–471.

- KUMMEROVÁ, M. – GLOSER, J. – SLOVÁK, L. – HOLOUBEK, I.: The fate of organic compounds in the environment. The growth response of maize to increasing concentrations of fluoranthene. *Toxicol. Envir. Chem.*, 54, 1996: 99–106.
- KUMMEROVÁ, M. – SLOVÁK, L. – HOLOUBEK, I.: Phytotoxicity studies of benzo(a)pyrene with *Lactuca sativa*. *Toxicol. Envir. Chem.*, 51, 1995: 197–203.
- LEWIS, M. A.: Phytotoxicity tests. In: RAND, G. M. (ed.): *Fundamentals of aquatic toxicology*. 2nd ed. Washington, DC. Taylor and Francis 1995a.
- LEWIS, M. A.: Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: A review. *Envir. Pollut.*, 87, 1995b: 319–336.
- RYAN, J. A. – BELL, R. M. – DAVIDSON, J. M. – O'CONNOR, G. A.: Plant uptake of non-ionic organic chemicals from soils. *Chemosphere*, 17, 1988: 2299–2323.
- SCHRAMM, K. W. – HUTZINGER, O.: A model to estimate the fate of lipophilic compounds in plants. *Toxicol. Envir. Chem.*, 26, 1990: 61–71.
- SCHROLL, R. – BIERLING, B. – CAO, G. – DORFLER, U. – LAHANIATI, M. – LANGENBACH, T. – SCHEUNERT, I. – WINKLER, R.: Uptake of organic chemicals from soil by agricultural plants. *Chemosphere*, 28, 1994: 297–303.
- SLOVÁK, L. – HOLOUBEK, I. – KUMMEROVÁ, M.: Effect of benzo(a)pyrene on the growth of lettuce. *Conf. Proc. Znojmo*, June 1–3, 1993. 310 s.
- ŠESTÁK, Z. – ČADSKÝ, J.: *Methods of studying photosynthetic production of plants*. Praha, Academia 1966. 394 s.
- WANG, W. – FREEMARK, K.: The use of plants for environmental monitoring and assessment. *Ecotoxicol. Envir. Saf.*, 30, 1995: 289–301.
- WILD, S. R. – BERROW, M. L. – McGRATH, S. P. – JONES, K. C.: Polynuclear aromatic hydrocarbons in crops from long-term field experiments amended with sewage sludge. *Envir. Pollut.*, 76, 1992: 25–32.
- WILD, S. R. – JONES, K. C.: Polynuclear aromatic hydrocarbon uptake by carrots grown in sludge-amended soil. *J. Envir. Qual.*, 21, 1992: 217–225.

Došlo 20. 11. 1996

---

**Kontaktní adresa:**

Doc. RNDr. Marie K u m m e r o v á, CSc., Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Česká republika, tel.: 05/41 12 95 56, fax: 05/41 21 16 23

---

**Ústav zemědělských a potravinářských informací**

**vydává**

## **ZAHRADNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK**

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

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

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

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

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

**Závazné objednávky zasílejte na adresu:** Ústav zemědělských a potravinářských informací

Encyklopedická kancelář

Slezská 7

120 56 Praha 2

# VLIV IMISÍ NA ODOLNOST A PŘEZIMOVÁNÍ OBIILNIN V SEVERNÍCH ČECHÁCH

## THE EFFECT OF IMMISSIONS ON RESISTANCE AND WINTERING OF CEREALS IN NORTH BOHEMIA

P. Prášilová, I. Prášil, J. Malířová

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

**ABSTRACT:** The aim of this paper was to study the effect of the polluted North Bohemian region of Chomutov on wintering of cereals. As a control, our research field at Ruzyně situated in a less polluted region of central Bohemia, was chosen. This research was done during the winter seasons of 1990/1991 and 1991/1992. The soil in the Chomutov region had low pH, lower content of soil bacteria and it was stressed with acid precipitation. On the other hand, the soil in the field at Ruzyně had neutral pH. However, the contents of heavy metals (Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Co) were lower than their limit values in both soils. Frost-hardiness of different cereal cultivars grown in field was evaluated by a laboratory freezing test and winter hardness by a provocation method in natural conditions. The cultivar frost-resistance was expressed as the level of lethal temperature (LT50) in winter and the wintering as percentage of cultivar survived after the winter season. In the latter method the cultivars were grown in wooden boxes placed at two levels above the ground (50 and 5 cm). In both regions the boxes were filled with soils from both places (Chomutov and Ruzyně). The soil temperatures and snow cover were very similar in both regions, but of course, the soil temperatures were lower in boxes placed 50 cm above the ground than in those at the height of 5 cm. The cultivars studied were wheats (from hardier Vlada, Sparta across medium hardy Hana, Viginta to less hardy Zdar), barleys (Lunet and Borwina) and triticale (Dagro). Examined frost-hardiness of cereals was higher at Ruzyně than Chomutov, the average difference in LT50s was 3.5 °C in 1990/1991 and 5.6 °C in 1991/1992. Similarly, higher wintering of cultivars was obtained at Ruzyně than in Chomutov. The respective years of the test, the place (region), the cultivar and the height above the ground had significant effects on winter survival, which was shown by analysis of variance. On the other hand, the effect of soil was not significant. The results showed lower winter survival and hardness of cereals in the more polluted region. However, the order of cultivars on the scale of winter-hardiness remained the same. It means that the provocation box method is suitable for the estimation of the effect of various regions on cultivar winter-hardiness.

winter-hardiness; frost-hardiness; pollution; soil; cereals

**ABSTRAKT:** Byl ověřován vliv imisně zatíženého území severních Čech (Chomutov-Nové Spolice) na přezimování a odolnost obilnin vůči mrazu v zimě 1990/1991 a 1991/1992. Jako kontrolní stanoviště byla vybrána lokalita v Praze-Ruzyni. Na Chomutovsku bylo zjištěno nižší pH půd, s menším obsahem půdních bakterií. Těžké kovy byly na obou lokalitách pod limitem maximálně přípustných obsahů v půdě. Mrazuvzdornost byla zjišťována polně-laboratorní metodou a byla vyjádřena pomocí letální teploty, tj. teploty, při které dochází k 50% úhynu rostlin. V Ruzyni i na Chomutovsku měla nejvyšší mrazuvzdornost odrůda pšenice Sparta, v Chomutově však byla vždy méně odolná než v Ruzyni, a sice v zimě 1991 o 3,6 °C a v zimě 1992 až o 5,6 °C. Růst a vývoj měly rostliny podobný při stejné době výsevu. Zimovzdornost byla testována provokační nádobovou metodou u souboru devíti odrůd ozimů: pěti odrůd ozimé pšenice (Sparta, Zdar, Hana, Vlada a Viginta), dvou odrůd tritikale (Korm a Dagro) a dvou odrůd ječmene (Lunet a Borwina). Při této metodě byly využity dvě varianty umístění bedýnek, a to na zemi a na vyvýšeném parapetu, a byla použita zemina z Ruzyně a Chomutova na obou stanovištích. Podle výsledků analýzy variance měly významný vliv na přezimování obilnin: rok zkoušení, stanoviště, umístění bedýnek v různé výšce nad zemí a odrůdy. Vliv půdy byl nevýznamný. Nejlepší průměrné přežití vykázala odrůda ozimé pšenice Vlada, na druhém místě se umístila odrůda Sparta. Průběh povětrnostních podmínek (teplot a srážek) byl podobný a srážky byly po obě zimy podnormální na obou sledovaných stanovištích. V imisně zatížené oblasti Chomutovska došlo k většímu zimnímu poškození obilnin i ke snížení úrovně mrazuvzdornosti oproti lokalitě Ruzyně. Potvrdila se vhodnost testování zimovzdornosti odrůd provokační metodou pro obě rozdílné lokality.

zimovzdornost; mrazuvzdornost; znečištění; půda; obilniny

Cílem práce bylo zjistit vliv prostředí dlouhodobě zatíženého imisemi na odolnost obilnin vůči mrazu a jejich přezimování. Byla vybrána oblast Chomutovska, která patří k území silně až extrémně znečištěnému spadem plyných ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) i pevných částic z tepelných elektráren a průmyslových závodů severních Čech. Nemalou měrou se na znečištění ovzduší podílí i doprava a prašnost prostředí z výsypek a složišť elektrárenského popílků.

Z dlouhodobých měření 1986 až 1989 pomocí GEO-NOMu síti Ústředního ústavu geologického, nyní ČGÚ (Preiningerová, Wittlingerová, 1992), vyplynulo, že okolí Jezeří nad Chomutovem zaznamenalo extrémní znečištění ovzduší v hodnotách 100 až  $130 \mu\text{g SO}_2\cdot\text{m}^{-3}$ . Chomutovsko patří rovněž k oblastem se zhoršenými půdními podmínkami, s velmi častými výskyty inverzních situací, kdy pH horizontálních srážek dosahuje hodnoty až 2,5. Bylo zde zjištěno snížení výnosů obilnin (Bláh a, 1992).

## MATERIÁL A METODA

Mrazuvzdornost byla stanovena na rostlinách odebraných během zimy z pole. Zimovzdornost byla hodnocena provokační metodou u rostlin pěstovaných v nádobách po celou zimu venku. Stanice Chomutov-Nové Spořice byla vybrána pro pokusy v imisně zatíženém prostředí, kontrolní stanoviště bylo zvoleno v Praze-Ruzyni. Sledování proběhlo v zimě v letech 1990/1991 a 1991/1992.

Stanice Chomutov-Nové Spořice se nachází ve výrobní oblasti řepařské, subtyp žitný. Nadmořská výška činí 363 m, 50letý průměr srážek 497 mm. Půdní typ je hnědá půda mělká (16 cm), písčito-hlinitá, vodopropustná a vysychavá.

Stanoviště Praha-Ruzyně je situováno ve výrobní oblasti řepařsko-pšeničné, v nadmořské výšce 360 m. Průměrný roční úhrn srážek činil 526 mm. Půdní typ je černozem a černozem degradovaná na spraši, jílovito-hlinitá (D a m a š k a, Němeček, 1966).

Na polních parcelách obou stanovišť byly shodně zasety odrůdy ozimé pšenice (Sparta, Zdar), ječmene (Lunet, Borwina) a tritikale (Dagro). Osivo bylo získáno z ÚKZÚZ. Na parcelách v Ruzyni byly odrůdy vysety secím strojem OYORD firmy Wintersteiger z Rakouska, v Chomutově byl použit ruční secí stroj. Termíny setí v roce 1990: 15. 10. v Praze a 10. 10. v Chomutově; v roce 1991: 24. 9. v Praze a 27. 9. v Chomutově.

Stav ozimů na poli během zimního období byl hodnocen podle růstu a vývoje. Růstová fáze byla určena podle Zadokse (Nátrová, 1992) a vývojová etapa (mikrofenologie) byla hodnocena v desetinném kódu podle publikované metodiky (Nátrová, Jokeš, 1993).

Mrazuvzdornost rostlin odebraných z pole byla stanovena polně-laboratorní metodou (Prášil et al.,

1989), kterou se zjišťuje aktuální odolnost rostlin v hodnotách letální teploty  $LT_{50}$ , tj. teploty, při které dochází k 50% úhynu rostlin.

Zimovzdornost rostlin, která je tvořena komplexem odolnosti obilnin k celé řadě stresů zimního období, byla hodnocena podle provokační nádobové metody, vypracované ve VÚRV Praha-Ruzyně (Segeřa, 1957; Prášil et al., 1989). Soubor ozimých obilnin byl vyset do nádob (dřevěných bedýnek) umístěných ve dvou variantách: na zemi a na vyvýšeném parapetu 50 cm nad zemí. Termíny setí v roce 1990: 25. 9. v Praze a 10. 10. v Chomutově; v roce 1991: 24. 9. v Praze a 27. 9. v Chomutově. Pokus byl rozdělen tak, že na každém stanovišti (Chomutov, Ruzyně) byly zařazeny nádoby se zeminou získanou z obou stanovišť (chomutovská a ruzyňská). Soubor tvořilo pět odrůd ozimé pšenice (Sparta, Zdar, Hana, Vlada a Viginta), dvě odrůdy ozimého tritikale (Dagro a Korm) a dvě odrůdy ozimého ječmene (Lunet a Borwina).

Na jaře po obnovení růstu bylo zjištěno přežití rostlin v jednotlivých variantách provokačního pokusu. Hodnoty přežití odrůd byly po úhlové transformaci dat zpracovány analýzou variance s částečně hierarchickým tříděním, kterou jsme použili pro podobné zpracování již dříve (Prášil, Rogalewicz, 1989). Analýza byla provedena programem Statgraphics na osobním počítači. Průměrná životnost, pořadí a významnost rozdílů odrůd byly hodnoceny Scheffeho metodou stejným programem.

V průběhu celého zimního období byly sledovány povětrnostní podmínky, včetně teplot a srážek. Byly měřeny teploty vzduchu ve 2 m a v přizemí a teploty půdy (na úrovni odnožovacího uzlu ve 2,5 cm). Imise byly měřeny v zimě 1990/1991 v lokalitě Chomutov, a to ze stanice ČHMÚ Tušimice pro  $\text{SO}_2$  a prašný aerosol a Vysoká Pec, pobočka Ústí nad Labem pro  $\text{NO}_x$ .

Rozbor půdy na obsah živin a těžkých kovů, které byly stanoveny vyluhem 2M  $\text{HNO}_3$  na přístroji Varian AAS 275, byl proveden v chomutovské laboratoři. Mikrobiologická laboratoř provedla rozborů zemin odebraných během zimního období. Fyziologické skupiny bakterií byly sledovány klasickými plotnovými metodami s kultivací na živných médiích. Po kultivaci při různé teplotě a době kultivace v termostatech byly bakterie testovány biochemickými metodami.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Mrazuvzdornost byla hodnocena polně-laboratorní metodou u vybraných odrůd pšenice, ječmene a tritikale (tab. I). Po oba zkoušené roky se projevila jako nejvíce odolná odrůda Sparta. Její mrazuvzdornost však byla v zimě 1991 o  $3,6^\circ\text{C}$  a v zimě 1992 o  $5,6^\circ\text{C}$  nižší v Chomutově než v Ruzyni. Ostatní odrůdy měly celkově nižší odolnost, která opět byla nižší v Chomutově než v Ruzyni. Vývojový stav rostlin na polních parcelách byl na obou stanovištích téměř shodný. V Chomutově byla růstová fáze po obě zimní sezony u některých

Datum odběru <sup>1</sup>	Odrůda <sup>2</sup>	Ruzyně			Chomutov		
		vývoj <sup>3</sup> DK	růst <sup>4</sup> DK	LT50 (°C)	vývoj DK	růst DK	LT50 (°C)
2. 1. 1991	Sparta	11	12	-16,6	12	12	-13,0
	Borwina	13	13	-	13	12	-
	Lunet	13	13	-13,5	13	12	-11,3
	Dagro	13	13	-10,0	12	12	-10,3
	Zdar	12	13	-9,5	12	12	-10,4
12. 3. 1991	Sparta	13	13*	-11,0	12	13	-10,8
	Borwina	-	-	-10,2	-	-	-8,2
	Lunet	13	13*	-7,8	13	13	-7,3
	Dagro	13	21	-9,6	12	13	-7,0
	Zdar	13	13*	-9,7	12	13	-9,3
15. 1. 1992	Sparta	13	21	-17,8	12	13*	-12,2
	Borwina	13	21	-13,8	13	21	-12,5
	Lunet	13	21	-13,5	13	13*	-10,6
	Dagro	13	21	-10,7	13	21	-10,1
	Zdar	13	21	-12,2	12	13*	-8,6
16. 3. 1992	Sparta	19	23	-9,9	13	13*	-8,4
	Borwina	22	23	-8,8	16	23	-9,0
	Lunet	22	23	-8,9	16	14*	-8,9
	Dagro	19	25	-8,4	16	21	-7,0
	Zdar	16	23	-8,0	13	14*	-5,7

\* počátek odnožování – beginning of tillering

<sup>1</sup>sampling date, <sup>2</sup>cultivar, <sup>3</sup>development, <sup>4</sup>growth

odrdů mírně opožděná. V březnových odběrech se projevov pokles odolnosti všech odrůd, který souvisel s nástupem jarního růstu a vývoje.

Z hodnocení přezimování rostlin provokační metodou (tab. II) vyplývá, že nejlepší zimovzdornost měly odrůdy pšenice Vlada a Sparta. Za nimi následovaly odrůdy tritikale a slabě odolné pšenice. Nízké přežití odrůd ječmene v nádobách bylo pravděpodobně způsobeno jejich větší citlivostí k zimnímu vymokání, ke kterému dochází při zimním oteplení, dále vysokou citlivostí kořenů k nízkým teplotám a případným omezením prostoru pro jejich růst v nádobách (Segeta, 1974).

Průměrné přežití souboru odrůd sledovaných provokační metodou představovalo v zimě roku 1990/1991 v Ruzyni s ruzyňskou zeminou 56,6 %, s chomutovskou zeminou 44,3 %. V Chomutově s chomutovskou zeminou bylo přezimování výrazně horší o 20,1 % než v Ruzyni se stejnou zeminou. Sledovaný soubor v zimě roku 1991/1992 vykazoval průměrné přežití v Ruzyni s ruzyňskou zeminou 54,5 %, s chomutovskou zeminou 67,2 % a v Chomutově s ruzyňskou zeminou 37,5 % a s chomutovskou zeminou 35,9 %. Stanoviště způsobilo snížení přezimování zhruba o 17 %, resp. 31,3 % v Chomutově oproti Ruzyni. Zejména odrůdy pšenice Hana a Zdar, ječmene Borwina a Lunet proka-

zatelně hůře přezimovaly. Analýzou variance byl prokázán (tab. III a IV) významný vliv roku zkoušení, pokusného stanoviště (Ruzyně a Chomutov), umístění bedýnek (vyvýšený parapet 50 cm nad zemí a zem) a odrůdy na přezimování rostlin v nádobách. Nevýznamný vliv byl zjištěn při srovnání ruzyňské a chomutovské zeminy. Původ zeminy na přežití rostlin byl v tomto případě neprůkazný, přičemž pořadí přezimovaných odrůd bylo v uvedených variantách (stanovištích) téměř shodné a interakce odrůda x stanoviště byla nevýznamná. Provokační metoda se pro hodnocení přezimování odrůd obilnin na různých stanovištích ukázala být dostatečně vhodná.

Minimální a průměrná měsíční teplota půdy v nádobách umístěných na zemi a na vyvýšeném parapetu je zaznamenána v tab. V. Obě teploty byly na obou stanovištích v obou zimách velmi podobné. Vzhledem k minimálnímu výskytu sněhové pokrývky byly rozdíly teplot mezi variantami umístění nádob velmi malé. Přes podobný průběh teplot na obou stanovištích bylo však zjištěno v chomutovské oblasti větší vyzimování.

Ucelenější pohled na sledovanou problematiku poskytl agrochemický rozbor zemín i půd používaných na obou stanovištích (tab. VI a VII). Rozborem bylo stanoveno pH výměnné půdní reakce ruzyňské zeminy jako neutrální, zatímco chomutovské zeminy jako kyselé

II. Životnost odrůd testovaných provokační metodou ze stanovišť Ruzyně a Chomutov (procento přežití po úhlové transformaci) – Lifetime of cultivars tested by provocation method from the sites Ruzyně and Chomutov (percentage of survival after angle transformation)

Ročník <sup>1</sup>	Odrůda <sup>2</sup>	Ruzyně		Chomutov	
		zemina <sup>3</sup>			
		ruzyňská <sup>4</sup>	chomutovská <sup>5</sup>	ruzyňská	chomutovská
1990/1991	Borwina	25,1	16,3	–	0
	Lunet	38,9	24,0	–	0
	Zdar	42,5	29,9	–	9,5
	Dagro	58,6	49,1	–	20,1
	Viginta	69,4	45,3	–	26,3
	Hana	66,0	53,8	–	30,3
	Korm	67,5	62,4	–	39,9
	Sparta	70,0	58,4	–	42,4
	Vlada	71,8	59,9	–	49,7
	průměr <sup>6</sup>	56,6	44,3	–	24,2
1991/1992	Browina	33,3	78,2	19,1	18,0
	Lunet	33,5	53,5	24,0	19,5
	Zdar	57,3	74,1	31,0	32,4
	Dagro	67,7	66,6	41,3	36,8
	Viginta	60,4	58,1	40,5	39,5
	Hana	46,8	82,5	40,4	37,9
	Korm	61,1	54,5	43,0	43,4
	Sparta	59,9	67,8	48,3	46,0
	Vlada	70,2	69,5	50,2	49,8
	průměr	54,5	67,2	37,5	35,9

<sup>1</sup>year, <sup>2</sup>cultivar, <sup>3</sup>soil, <sup>4</sup>Ruzyně, <sup>5</sup>Chomutov, <sup>6</sup>average

III. Analýza variance životnosti odrůd testovaných provokační metodou – Analysis of variance of lifetime of cultivars tested by provocation method

Zdroj variance <sup>1</sup>	Suma čtverců <sup>2</sup>	s. v. <sup>3</sup>	Průměr čtverců <sup>4</sup>	F-hodnoty <sup>5</sup>	Hladina významnosti <sup>6</sup>
Hlavní efekt <sup>7</sup>	121068,21	12	10089,018	54,687	**
Rok <sup>8</sup>	6997,93	1	6997,932	37,932	**
Místo <sup>9</sup>	43599,64	1	43599,641	236,330	**
Půda <sup>10</sup>	2,62	1	2,618	0,014	
Parapet <sup>11</sup>	33742,45	1	33742,455	182,900	**
Odrůda <sup>12</sup>	39518,59	8	4939,824	26,776	**
Zbytek <sup>13</sup>	44092,189	239	184,48615		
Celkem <sup>14</sup>	165160,40	251			

<sup>1</sup>variation source, <sup>2</sup>sum of squares, <sup>3</sup>d. f., <sup>4</sup>mean square, <sup>5</sup>F-values, <sup>6</sup>level of significance, <sup>7</sup>main effect, <sup>8</sup>year, <sup>9</sup>place, <sup>10</sup>soil, <sup>11</sup>box position, <sup>12</sup>cultivar, <sup>13</sup>residual, <sup>14</sup>total

až slabě kyselé. Jak uvádějí Baier, Baierová (1988), vede takové nízké pH u ozimé pšenice již k výnosové bariéře. Obsahy těžkých kovů byly pod maximálně přípustnými limity. Vostal, Mutinský (1995) též potvrdili, že kontaminace ve většině případů odběrových míst na půdách imisně zatížených v severozápadní části ČR nedosahovala hranice maximálně přípustných uvolnitelných obsahů v půdách. Zvýšené obsahy těžkých kovů jsou jen v některých zatížených oblastech (Podlešáková, Němeček, 1995),

a byly tam nalezeny ze 70 % i v minulosti. Obsah rizikových prvků v půdě je rovněž závislý na rozpadu matečného substrátu, čímž je ovlivněna pozadová hodnota jednotlivých půd, zejména obsahu těžkých kovů v půdě.

Mikrobiologický rozbor chomutovské i ruzyňské zeminy na obou stanovištích v zimních měsících ukázal, že v této době byly počty bakterií hluboko pod hranicí tzv. chudé půdy (0 až 17 mil. v 1 g suché půdy), což pravděpodobně mohlo být způsobeno nechráněný-

IV. Pořadí odrůd podle průměrné životnosti (analýza variance) – Order of cultivars ranked according to average survival (analysis of variance)

Borwina	25,1 <sup>a</sup> *
Lunet	25,6 <sup>a</sup>
Zdar	36,4 <sup>b</sup>
Dagro	46,9 <sup>bc</sup>
Viginta	48,6 <sup>c</sup>
Hana	52,7 <sup>cd</sup>
Korm	53,5 <sup>cd</sup>
Sparta	56,8 <sup>cd</sup>
Vlada	61,7 <sup>d</sup>

\* hodnoty označené stejným písmenem nejsou statisticky významné – values denoted by identical letter are not statistically significant

mi, silně promrzlými půdami v nádobách (tab. VII). Při oteplení docházelo k jejich bouřlivému rozvoji. K další redukci počtu půdních bakterií docházelo při snižování pH půdy (Bláha, Petřiková, 1991). Při porovnání byly ruzyňské zeminy vždy bohatěji osídlené než chomutovské zeminy, v Ruzyni vždy vyrovnané. Tejkl (1992) prokázal, že chomutovská zemina je méně bohatá a nevyrovnaná bez ohledu na stanoviště.

## ZÁVĚR

Ozimé obilniny vykazovaly v imisně zatíženém prostředí slabší odolnost vůči mrazu i nižší schopnost odolávat nepříznivým stresům zimního období. Při porovnání zimovzdornosti odrůd obilnin na různých lokalitách

V. Teplota půdy (°C) v nádobách (zima 1990/1991, 1991/1992) – Soil temperature (°C) in pots (winter of 1990/1991, 1991/1992)

Teplota <sup>1</sup>	Ročník <sup>4</sup>	Varianta <sup>5</sup>	Zem <sup>6</sup>			Vyvýšený parapet <sup>7</sup>		
			Ruzyně	Chomutov	rozdíl <sup>8</sup>	Ruzyně	Chomutov	rozdíl
Minimální <sup>2</sup>	1990/1991	X.	-1,8	-2,4	+0,6	-2,1	-4,2	+2,1
		XI.	-0,8	-0,2	-0,6	-0,9	-0,2	-0,7
		XII.	-9,3	-9,6	+0,3	-11,9	-7,2	-5,9
		I.	-13,9	-14,6	+0,7	-14,3	-15,8	+1,5
		II.	-16,8	-18,0	-1,2	-18,8	-18,6	-0,2
		III.	-1,6	-1,2	-0,4	-2,3	-3,0	+0,7
		IV. <sup>x</sup>	-1,3	-0,8	-0,5	-1,7	-2,3	+0,6
		1991/1992	X.	-3,6	-4,4	+0,8	-4,6	-5,8
	XI.		-4,8	-8,8	+4,0	-4,7	-9,8	+5,1
	XII.		-10,6	-12,4	+1,8	-14,6	-16,2	+1,6
	I.		-11,7	-9,3	-2,4	-13,0	-13,4	+0,4
	II.		-6,5	-2,0	-4,5	-6,9	-4,6	-2,3
	III.		-3,2	-0,6	-2,6	-2,1	-0,8	-1,3
	Průměrná <sup>3</sup>	1990/1991	X.	7,2	6,5	+0,7	6,9	7,1
XI.			2,6	3,2	-0,6	2,4	3,5	-1,1
XII.			-1,4	-1,4	0	-1,6	-1,1	-0,5
I.			-1,1	-1,3	+0,2	-1,2	-0,7	-0,5
II.			-4,3	-4,6	+0,3	-5,4	-4,5	-0,9
III.			4,6	4,7	-0,1	3,8	5,1	-1,3
IV. <sup>x</sup>			9,0	9,7	-0,7	8,4	10,1	-2,3
X-IV.			2,4	2,4	-0,2	1,9	2,8	-6,2
1991/1992		XII-II.	-2,3	-2,4	+0,2	-2,7	-2,1	-1,9
		X.	6,9	7,8	-0,9	5,8	7,7	-1,9
		XI.	1,7	0,9	+0,8	1,4	0,9	+0,5
		XII.	-2,4	-3,1	+0,7	-3,2	-3,7	+0,5
		I.	-1,0	-0,7	-0,3	-1,4	-1,2	-0,2
		II.	0,5	1,7	-1,2	0,3	1,6	-1,3
III.	2,6	4,2	-1,6	2,1	3,9	-1,8		
IV. <sup>x</sup>	8,3	7,0 <sup>x</sup>	+1,3	7,2	7,2 <sup>x</sup>	0		
X-IV.	2,4	2,5	-1,2	1,7	2,3	-4,2		
XII-II.	-1,0	-0,7	-0,8	-1,4	-1,1	-1,0		

<sup>x</sup> v Chomutově jen do 15. 4. 1991, resp. do 13. 4. 1992 – at Chomutov only till 15 April 1991 or 13 April 1992, respectively

<sup>1</sup>temperature, <sup>2</sup>minimum, <sup>3</sup>average, <sup>4</sup>year, <sup>5</sup>variant, <sup>6</sup>soil, <sup>7</sup>raised box position, <sup>8</sup>difference

## VI. Agrochemický rozbor půd – Agrochemical analysis of soils

	Stanoviště <sup>3</sup>	Zemina <sup>4</sup>	pH (KCl)	P	K	Mg	N <sub>celk</sub> (%)	C <sub>ox</sub> (%)	Humus (%)
				mg.kg <sup>-1</sup>					
Nádoby <sup>1</sup>	Ruzyně	ruzyňská <sup>5</sup>	6,80	154	155	167	0,172	1,35	2,33
		chomutovská <sup>6</sup>	5,47	88	192	106	0,186	1,31	2,26
Pole <sup>2</sup>	Ruzyně	1992	6,95	110	155	109	0,168	1,35	2,33
	Chomutov	1988	4,60	67	232	32	0,130	1,68	2,90

<sup>1</sup>pots, <sup>2</sup>field, <sup>3</sup>site, <sup>4</sup>soil, <sup>5</sup>Ruzyně, <sup>6</sup>Chomutov

VII. Obsah těžkých kovů v půdách (mg.kg<sup>-1</sup>) výtluhem 2M HNO<sub>3</sub> – Contents of heavy metals in soils (mg.kg<sup>-1</sup>) by extraction of 2M HNO<sub>3</sub>

	Stanoviště <sup>3</sup>	Zemina <sup>4</sup>	Cd	Pb	Cr	Ni	Co	Zn	Hg
			mg.kg <sup>-1</sup>						
Nádoby <sup>1</sup>	Ruzyně	ruzyňská <sup>5</sup>	0,205	18,90	2,705	6,305	3,605	26,20	0,0125
		chomutovská <sup>6</sup>	0,185	15,75	2,355	6,595	3,155	55,00	0,0121
	Chomutov	ruzyňská	0,180	15,80	2,375	6,840	2,970	113,80	
		chomutovská	0,345	21,80	3,160	6,660	5,380	19,35	
Pole <sup>2</sup>	Ruzyně	1992	0,450	22,60	2,330	7,710	5,065	76,05	0,0119
	Chomutov	1988	0,150	22,00	5,200	4,000	5,200	24,80	0,0400

\* limit

For 1–6 see Tab. VI

## VIII. Mikrobiologický rozbor zeminy v nádobách (1992) – Microbiological trial of soil in pots (1992)

Stanoviště <sup>1</sup>	Zemina <sup>2</sup>	Datum odběru <sup>5</sup>	Zem <sup>6</sup>	Vyvýšený parapet <sup>7</sup>
			mil./g suché zeminy <sup>8</sup>	
Ruzyně	ruzyňská <sup>3</sup>	16. 1.	do <sup>9</sup> 1 mil.	do 1 mil.
		20. 2.	3,3 mil.	9,2 mil.
		23. 3.	9,5 mil.	3 mil.
	chomutovská <sup>4</sup>	16. 1.	do 1 mil.	do 1 mil.
		20. 2.	4,6 mil.	6,2 mil.
		23. 3.	2,8 mil.	11,3 mil.
Chomutov	ruzyňská	16. 1.	do 1 mil.	do 1 mil.
		20. 2.	3,0 mil.	1,5 mil.
		23. 3.	16,7 mil.	9,3 mil.
	chomutovská	16. 1.	do 1 mil.	do 1 mil.
		20. 2.	1,8 mil.	2,6 mil.
		23. 3.	1,5 mil.	8,5 mil.

<sup>1</sup>site, <sup>2</sup>soil, <sup>3</sup>Ruzyně, <sup>4</sup>Chomutov, <sup>5</sup>sampling date, <sup>6</sup>earth, <sup>7</sup>raised box position, <sup>8</sup>of dry soil, <sup>9</sup>up to

se jako dostatečně vhodné ukázalo použití provokační nádobové metody.

## LITERATURA

BAIER, J. – BAIEROVÁ, V.: Výnosové bariéry u pšenice ozimé. Rostl. Výr., 34, 1988 (5): 465–472.  
BLÁHA, L.: Negativní působení půdních faktorů v imisní oblasti na výnos a jeho prvky. Rostl. Výr., 38, 1992 (6): 437–446.

BLÁHA, L. – PETŘÍKOVÁ, V.: Možnosti výběru odrůd pšenice pro imisní oblasti. Rostl. Výr., 37, 1991 (4): 323–332.  
DAMAŠKA, J. – NĚMEČEK, J.: Geneticko-agronomická charakteristika půd hospodářského objektu VÚRV v Praze-Ruzyni. ÚVTI MZLH 1966 (10): 153–162.  
NÁTROVÁ, Z.: Stupnice pro hodnocení vývoje rostlin obilnin. Úroda, 1992 (11): 488–491.  
NÁTROVÁ, Z. – JOKES, M.: A proposal for a decimal scale of the inflorescence development of wheat. Rostl. Výr., 39, 1993 (3): 315–328.  
PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J.: Současný stav kontaminace půd rizikovými látkami. Úroda, 1992 (6): 247–248.

PRÁŠIL, I. – ROGALEWICZ, V.: Accuracy of wheat winter-hardiness evaluation by a provocation method in natural conditions. Genet. a Šlecht., 25, 1989 (3): 223–230.

PRÁŠIL, I. et al.: Testování mrazuvzdornosti pšenice ozimé na vybraných stanovištích ČSSR. Genet. a Šlecht., 25, 1989 (1): 79–86.

PREININGEROVÁ, E. – WITTLINGEROVÁ, Z.: Metodické pokyny k uplatňování škod způsobených průmyslovými exhalacemi na zemědělské výrobě. Praha, MZe ČR 1992.

SEGETA, V.: Jednoduchá metoda určení odolnosti ozimých obilovin proti některým škodlivým činitelům zimy. Věd. Práce VÚRV Praha-Ruzyně, 1957 (3): 83–96.

SEGETA, V.: K voprosu závislosti morozostojkosti ozimogo jačmenja ot fazy rosta. Věd. Práce VÚRV Praha-Ruzyně, 18, 1974: 159–169.

VOSTAL, J. – MUTINSKÝ, J.: Obsah rizikových prvků v zemědělských půdách na imisně zatíženém území severozápadní části ČR. Rostl. Vyr., 41, 1995 (7): 297–302.

TEJKL, L.: Pěstování rostlin v imisních oblastech. In: Vliv imisí a těžkých kovů na fyziologické procesy u zemědělských plodin. [Výroční zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1992.

Došlo 20. 11. 1996

---

*Kontaktní adresa:*

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

---

## Upozornění pro autory vědeckých časopisů

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

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

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

*Redakce časopisu*

# HETEROGENITA PRODUKČNÝCH SCHOPNOSTÍ RÔZNYCH GENOTYPOV SÓJE

## HETEROGENEITY OF PRODUCTION ABILITIES OF SELECTED SOYBEAN GENOTYPES

M. Brestič<sup>1</sup>, V. Banič<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic*

<sup>2</sup>*Central and Control Testing Institute of Agriculture, Bratislava, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** Morpho-physiological properties of selected soybean genotypes of determinate and indeterminate growth and various length of the growing season are discussed in the paper. Modules of production properties of genotypes which indicate a specific character of distribution of yield-forming characteristics in the structure of plants which are built up by different architecture at genotypes of different intensity of growth were quantified. Genotypes of determinate growth have significantly dominant module of plant (Figs 1, 2, 3). The proportion of other stories falls gradually in relation to all investigated traits. In genotypes of indeterminate growth an important part of productivity is also formed by apical module of plant with lesser influence of basal module. The choice of genotypes with required length of the growing season or growth and quantification of their production properties in the structure of plants, monitoring and providing of non-limiting conditions of environment by measuring of diffusion resistance allows markedly to enter the regulation of stand productivity. For the reasons of susceptibility of soybean to external factors of environment in generative period, it is just vertical distribution of production properties which plays a decisive role and determines plasticity of genotypes along with autoregulation capacity in pods. Graduality and regularity of pod distribution in plant, their dominance in basal part of plants, may be important in potential lodging or in case of effects of stress factors of environment. The knowledge of heterogeneity of production abilities of genotypes gives prerequisites for better characterization of new and perspective biological material in breeding practice.

soybean; productivity; growth; resistance of stomata; genotype differences

**ABSTRAKT:** V práci sú diskutované morfo-fyziologické vlastnosti genotypov sóje lišiacich sa rastom a dĺžkou vegetačného obdobia. Genotypy s determinovaným vzrastom majú výrazne dominantný ťažiskový modul rastliny. Podiel ostatných etáží postupne klesá, a to vo vzťahu ku všetkým sledovaným znakom. Pri genotypoch s nedeterminovaným vzrastom tvorí významnú zložku produktivity aj apikálny modul rastliny s menším vplyvom bazálneho modulu. Voľba genotypov s požadovanou dĺžkou vegetačného obdobia, resp. vzrastom a kvantifikácia ich produkčných vlastností v štruktúre rastlín, monitorovanie a zabezpečovanie nelimitujúcich podmienok prostredia meraním difúznej rezistencie umožňuje významným spôsobom vstúpiť do regulácie produktivity porastu. Poznanie heterogenity produkčných schopností genotypov dáva predpoklady pre lepšie charakterizovanie nového a perspektívneho biologického materiálu v šľachtiteľskej praxi.

sója; produktivita; rast; rezistencia prieduchov; genotypové rozdiely

### ÚVOD

Produkčný proces je určený vzájomnými vzťahmi medzi zdrojmi a akceptormi asimilátov, ktoré sa realizujú počas ontogenézy rastlín. Schopnosť prerozdeľovať zásobné látky v štruktúre rastlín a ukladať ich v akumuláčnych miestach je výsledkom nielen genetických vlastností, ale i dôsledkom vplyvu faktorov prostredia. Preto s ohľadom na ich pôsobenie je dôležité poznať, akou vegetačnou, architektonickou a funkčnou stratégiou porastu je produktivita rastlín formovaná. Dôležitým faktorom jej regulácie je voľba odrôd s rôznou dĺžkou vegetácie. Pri sóji je toto rozpätie pomerne široké, od menej ako 110 dní pre genotypy

s krátkym vegetačným obdobím až po 140 dní a viac pre genotypy s dlhým vegetačným obdobím.

Produktivita sóje je v dobrých podmienkach pestovania čiastočne limitovaná poliehaním. Táto skutočnosť (Cooper, 1981) predpokladá vytvorenie typov determinovaných, krátkych, adaptovaných na zóny obyčajne obsadené odrodami nedeterminovanými. Determinované typy sú v sťažených podmienkach menej robustné (Beaver, Johnson, 1981), ale zdá sa, že lepšie reagujú na prostredie a bežné kultivačné zásahy (Specht et al., 1986). Na základe týchto schopností bol navrhnutý komplex kultivačných podmienok, umožňujúci získať vysoké úrody pri týchto typoch odrôd.

Diskutované sú morfo-fyziologické vlastnosti (Pigeaire, 1986), ktoré by mali mať odrody v daných skupinách, pretože nielen charakter výšky a mohutnosti rastlín, ale hlavne stupeň distribúcie úrodotočných prvkov na rastline determinuje jej produkčné vlastnosti, ako aj potenciálne dôsledky za rôznych ekologických situácií (Svoboda, Belan, 1986; Brestič, 1988). V našich experimentálnych prácach sa venuje malá pozornosť štúdiu genotypov s rôznym vzrastom, i keď sa tieto trendy dlhodobejšie rozvíjajú.

Súčasne do popredia vystupujú i ďalšie parametre ako kritériá pre hodnotenie genotypov. Jedným z najcitlivejších expeditívnych kritérií je kvantifikovanie aktivity prieduchov (Calmés et al., 1985; Brestič, 1988; Liaw, Chen, 1990; Brestič et al., 1995), ktorých zatváranie, a teda zmena ich vodivosti a limitovanie strat vody z povrchu rastlín je jedným z prvých príznakov meniacich sa faktorov prostredia. Rýchlosť prenosu signálu pre reguláciu zatvárania prieduchov v integrite rastliny je jedným zo znakov, ktorými genotypy špecificky reagujú na prostredie. Reguláciu otvorenosti prieduchov sa mení intenzita fotosyntézy ako súčasť zdroja asimilátov pre následné rastové a produkčné procesy.

Z tohto hľadiska sme testovali rastové a produkčné parametre, ako aj difúziu rezistenciu prieduchov vybraných genotypov sóje ako kritériá pre ich hodnotenie a potenciálne uplatnenie v itinerároch pestovateľských opatrení.

## MATERIÁL A METÓDA

V poľných experimentálnych podmienkach na Šľachtiteľskej stanici Topoľníky Zeainvent Trnava sme pestovali súbor desiatich genotypov sóje s rôznou dĺžkou vegetačného obdobia: stredne neskoré (BS-31, TO-197/1, TO-166/2) s vegetačným obdobím 120 až 130 dní, neskoré (Gadir, TO-99, TO-192/1, TO-77/7, TO-77/8) s vegetačným obdobím 130 až 140 dní, veľmi

neskoré (TO-183/9, Zb-16) s vegetačným obdobím nad 140 dní.

Pokusné miesto patrí do kukuričnej výrobnjej oblasti, lokalizované na nivných a lužných pôdach, v nadmorskej výške 110 m n. m., s výškou spodnej vody 0,9 až 1,9 m. Predplodinou bola ozimná pšenica. V období plnej zrelosti sme odobrali 100 priemerne mohutných, nepoškodených rastlín a hodnotili sme na nich kvantitatívne parametre: výšku, počet bočných vetiev, počet strukov, počet semien v struku a ich hmotnosť v jednotlivých etážach porastu v 10cm vzdialenostiach výšky rastlín od povrchu pôdy. Výsledky sme spracovali do grafických modelov produkčného utvárania genotypov v jednotlivých skupinách skorosti, pričom snahou našich analýz bolo stanoviť ťažisko a podiel etáží na výslednej produktivite.

V poľných podmienkach sme tiež merali difúziu rezistenciu pórmetrom Delta T Devices prostredných lístkov, na ich spodnej (abaxiálnej) a vrchnej (adaxiálnej) strane, v predpoludňajších hodinách, pri intenzite žiarenia v priemere 800 až 950  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prehľadné poznatkov o tvorbe úrody sóje na všetkých úrovniach organizácie porastu možno očakávať zo syntetických prác výskumu realizácie reprodukčných orgánov, ako aj vzťahov medzi úrodou zrna a morfológickými, resp. morfo-fyziologickými znakmi.

Hospodárska úroda a priebeh jej tvorby je určená postupnou a relatívne dlhou diferenciáciou generatívnych orgánov a ich silnou závislosťou od vonkajších podmienok. Ak jej parametre sú dané kvantitatívnymi vlastnosťami, aj veľkosť rastlín, počet vetiev a počet internódií (tab. I) dáva predstavu o raste odrôd. Najvýraznejšie rozdiely sú práve vo výške rastlín (52 až 89 cm), a tým i v mohutnosti produkčného potenciálu. Určujúce sú však predstavy o akumulácii sušiny, pri zohľadnení vlastnosti distribúcie a redistribúcie asimila-

I. Rastové charakteristiky testovaných genotypov sóje – Growth characteristics of tested soybean genotypes

Genotypy <sup>1</sup>		Dĺžka vegetácie <sup>5</sup> (dni <sup>11</sup> )	Výška rastlín <sup>6</sup> (cm)	Počet bočných vetiev <sup>7</sup>	Počet internódií <sup>8</sup>	
					hlavná os <sup>9</sup>	bočné vetvy <sup>10</sup>
Gadir			52,2	5	11	3
TO-99			62,1	3	12	3
TO-192/1	stredne neskoré <sup>2</sup>	120-130	54,9	3	13	5
TO-77/7			88,4	1	15	6
TO-77/8			88,6	1	13	5
BS-31			75,1	1	12	4
TO-197/1	neskoré <sup>3</sup>	130-140	79,4	1	13	3
TO-166/2			58,0	1	10	4
TO-183/9			85,6	1	13	4
Zb-16	veľmi neskoré <sup>4</sup>	> 140	56,5	1	14	4

<sup>1</sup>genotypes, <sup>2</sup>medium late, <sup>3</sup>late, <sup>4</sup>very late, <sup>5</sup>length of growing season, <sup>6</sup>height of plants, <sup>7</sup>number of lateral branches, <sup>8</sup>number of internodia, <sup>9</sup>main axis, <sup>10</sup>lateral branches, <sup>11</sup>days

látov a produktov metabolizmu do jednotlivých pletív, orgánov rastlín, od ktorých v konečnom dôsledku závisí výsledná štruktúra úrody.

Vzťahy medzi veľkosťou biomasy a hospodárskou úrodou sú založené polyfaktoriálne, určené nelineárnou koreláciou, pretože o jej výsledkoch rozhoduje komplex produkčných a akumulčných procesov.

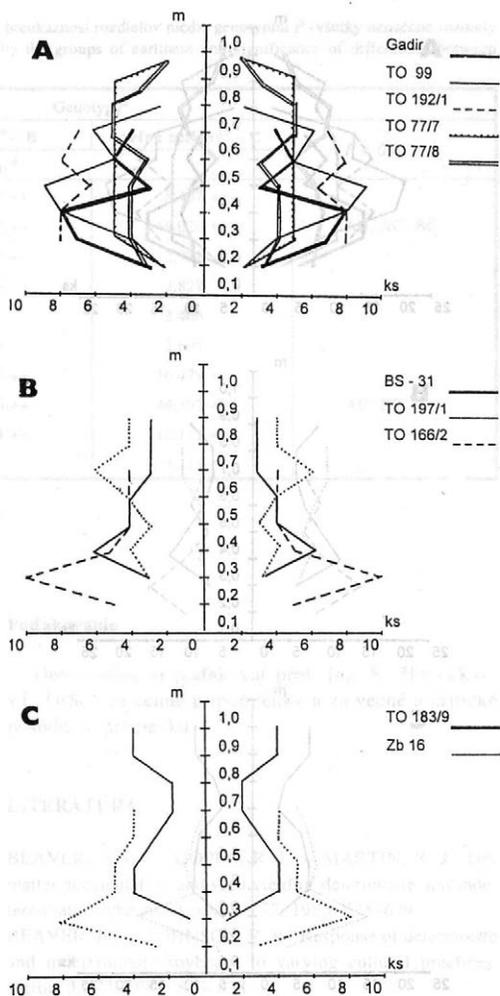
Z nášho analytického prístupu vyplýva význam meraných rastových a produkčných parametrov pre dané genotypy (počet vetiev, počet strukov, počet semien v struku a ich hmotnosť), ako aj výška nasadenia strukov a ťažisko produktivity rastliny. Pri výbere genotypov pre konkrétne pestovateľské zámery bude rozhodujúca stabilita architektúry produkčných vlastností v podmienkach zmenených ekologických faktorov. Preto i v štruktúre rastliny bude dôležitá ich distribúcia.

Vetvenie rastlín pri jednotlivých študovaných genotypoch sa neukazuje ako prvok významný z hľadiska diferencií medzi nimi, s výnimkou neskorých odrôd s nízkym vzrastom (TO-99, TO-192/1, Gadir). Môže však byť podstatným z hľadiska regulácie produktivity pri poruchách apikálnej dominancie rastlín. V podmienkach rovnakej hustoty porastu sú však rozdiely nepreukazné.

Často sa diskutuje otázka plného využitia potenciálnych možností fotosyntetického aparátu, resp. mohutnosti rastliny, ktorá je určená veľkosťou listov a dĺžkou ich aktívnej činnosti pre následné úrodotvorné procesy (Petr et al., 1980). Cox, Jollif (1987) uvádzajú príklady zmien veľkosti listovej pokrývnosti za rôznych ekologických situácií ako potenciál zabezpečujúci tvorbu asimilátov, ktorý limituje výslednú tvorbu úrody len v prípade silných deficitov vody a dlhodobých vodných stresov. V tomto smere sme potvrdili, že mohutnosť biomasy rastlín nie je rozhodujúca z hľadiska celkovej hospodárskej úrody. Práve jej podrobnejšia kvantifikácia (obr. 1, 2, 3) ukazuje na kompenzačné efekty, následkom ktorých môže byť produkcia asimilátov z hľadiska hospodárskej úrody limitujúca.

Z výsledkov (obr. 1) je zrejmé, že pri všetkých genotypoch najvyšší vplyv na štruktúru úrody má poradie strukov na rastline. Dominantnými etážami sú druhá až piata, ktoré tvoria základ ťažiskovej zóny produktivity, resp. ťažiskového modulu produktivity. Jeho základ tvoria miesta (struky, semená) s maximálnymi akumulčnými parametrami. Takéto vymedzenie umožňuje determinovať ďalšie produkčné moduly.

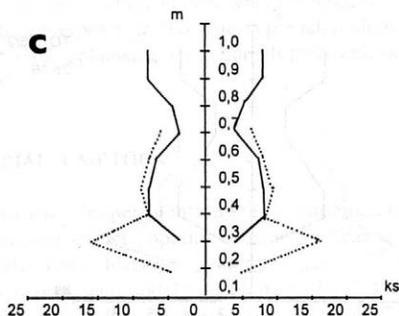
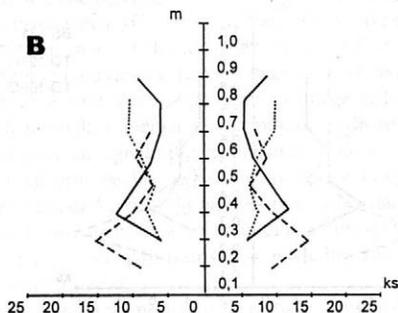
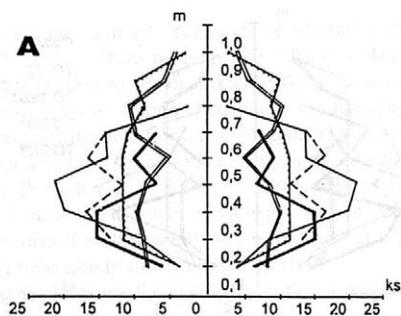
Apikálny modul rastlín má rôzny charakter v závislosti od skorosti odrody a môže byť významným autoregulačným komponentom pri realizácii úrodového potenciálu. Toto tvrdenie dokumentujú výsledky všetkých troch variantov skorosti i kategórií výšky rastlín. Pri stredne neskorých odrodách (s výnimkou TO-77/7, ktorý má na druhej až ôsmej etáži rovnomerné rozdelenie strukov na rastline) je tendencia poklesu distribúcie strukov od základu ťažiskového modulu produktivity v smere k apexu rastliny. Čo je však významné pre odrôdy s determinovaným vzrastom všetkých typov skorosti (Gadir, TO-192/1, TO-166/2 a Zb-16), že prevláda



1. Priemerný počet strukov na jednej rastline sóje v etážach podľa genotypov (A – stredne neskoré, B – neskoré, C – veľmi neskoré; 0,10 až 1,0 m – jednotlivé etáže; ks) – Average number of pods per soybean plant in stories by genotypes (A – medium late, B – late, C – very late; 0.10 to 1.0 m – different stories; pcs)

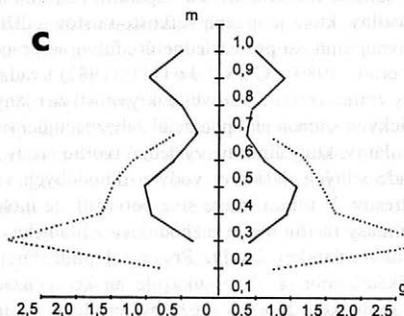
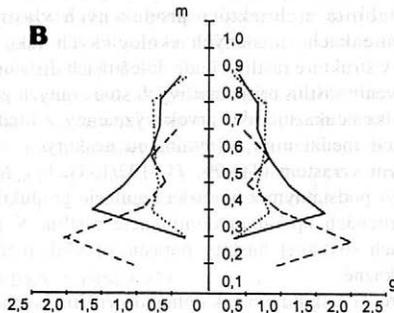
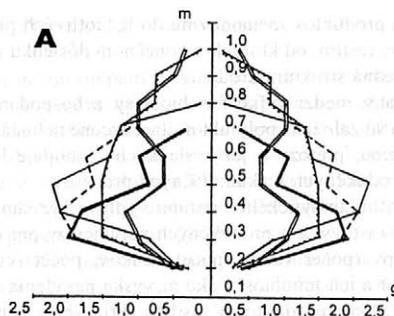
dominancia ťažiskového modulu a podiel ďalších etáží na úrode sa postupne znižuje. Pri vysokých odrodách (TO-77/8 a hlavne TO-183/9) sú vyššie časti rastlín z hľadiska početnosti strukov minimálne rovnocenné. Môžu sa však redukovať v strednej časti rastlín (napr. pri TO-183/9). Stupňovitost a pravidelnost distribúcie strukov na rastline, resp. ich dominancia v bazálnej časti rastlín môže byť dôležitá pri potenciálnom poľnohárskom i pri vplyvoch stresových faktorov prostredia.

Na štruktúre úrody sa výrazne podieľajú ďalšie komponenty úrody – počet semien v struku a hmotnosť (obr. 2, 3). Ich tvorba v struku má svoju hierarchiu, pričom primárne sa naplňajú prvé semená. Odráža sa to na stupni kompenzácie v apikálnej časti rastlín. Ďal-



2. Priemerný počet semien na jednej rastline sóje v etážach podľa genotypov (legenda viď obr. 1) – Average number of seeds per soybean plant in stories by genotypes (for legend, see Fig. 1)

šie hodnotenie (tab. II) ukazuje na nepreukaznosť vplyvu stredných etáží na hmotnosť semien pri neskorých a veľmi neskorých genotypoch. Charakter príčin vyplýva z diagramov priestorovej distribúcie produkčných vlastností. Z dôvodov citlivosti sóje k vonkajším faktorom prostredia v generatívnom období práve vertikálna distribúcia produkčných vlastností zohráva rozhodujúci význam a spolu s autoregulačnou kapacitou v strukoch určuje plasticitu genotypov. Podrobná analýza študovaných odrôd naznačuje ich potenciálne schopnosti. Uvedenou analýzou zároveň dokumentujeme i vysokú preukaznosť rozdielov medzi genotypmi v sledovanom znaku v etážach 0,11 až 0,20 a 0,71 až 0,80 m.



3. Priemerná hmotnosť semien na jednej rastline sóje v etážach podľa genotypov (legenda viď obr. 1) – Average weight of seeds per soybean plant in stories by genotypes (for legend, see Fig. 1)

Posudzovanie genotypov podľa biológie a tvorby úrody, ako ich popisujú Blanchet et al. (1986, 1987), a špecifických prístupov pri ich pestovaní (Specht et al., 1986) má nepopierateľne veľký ekonomický význam. Ako výhodné vlastnosti sa ukazujú menšie riziká z hľadiska poľehania, menší opad listov pri vodných deficitoch, avšak dostatočne veľká listová plocha z hľadiska intercepcie slnečného žiarenia a ne-limitovania funkcie zdrojov asimilátov pre ich akumuláciu v sinkoch. Struky determinovaných odrôd sú lokalizované nižšie a ukazuje sa, že vyššie etáže môžu lepšie plniť autoregulačné a kompenzačné poslanie. Naše výsledky sú plne v súlade s prácami, ktoré uverejnili Beaver et al. (1985) a Blanchet et al.

II. Hmotnosť semien sóje v jednotlivých etážach podľa skupín skorosti a preukaznosť rozdielov medzi genotypmi *P* (všetky označené rozdiely sú vysokopreukazné) – Weight of soybean seeds in different stories by the groups of earliness and significance of differences between genotypes *P* (all marked differences are highly significant)

Etáž <sup>1</sup> (m)	Genotypy <sup>2</sup>			<i>P</i> < 0,01
	stredne neskoré <sup>3</sup> – A	neskoré <sup>4</sup> – B	veľmi neskoré <sup>5</sup> – C	
		<i>F</i> vyp. <sup>6</sup>		
0,00–0,10	1,724	8,567 ++	8,407 ++	
0,11–0,20	8,358 ++	20,235 ++	49,020 ++	AB, AC, BC
0,21–0,30	7,126 ++	6,414 ++	2,931	
0,31–0,40	7,412 ++	2,096	2,827	
0,41–0,50	8,781 ++	2,367	2,466	
0,51–0,60	3,317 ++	1,879	2,605	
0,61–0,70	10,226 ++	10,655 ++	16,479 ++	
0,71–0,80	16,479 ++	9,420 ++	44,392 ++	AC, BC
0,81–0,90		16,594 ++	12,111 ++	
0,91–1,00			3,115	

++ *P* < 0,01

<sup>1</sup>story, <sup>2</sup>genotypes, <sup>3</sup>medium late, <sup>4</sup>late, <sup>5</sup>very late, <sup>6</sup>*F* cal.

III. Difúzna rezistencia ( $r_s$ ) listov vybraných neskorých genotypov sóje s diferencovaným vzrastom (s.cm<sup>-1</sup>) – Diffusive resistance ( $r_s$ ) of leaves of selected late soybean genotypes with differentiated growth (s.cm<sup>-1</sup>)

Genotypy <sup>1</sup>	1. list <sup>2</sup>		2. list	
	spodná strana <sup>3</sup>	vrchná strana <sup>4</sup>	spodná strana	vrchná strana
Gadir	3,15	4,20	4,80	5,80
TO-99	4,07	4,58	5,58	6,05
TO-77/8	4,30	4,45	6,70	7,54

<sup>1</sup>genotypes, <sup>2</sup>leaf, <sup>3</sup>lower side, <sup>4</sup>upper side

(1986), podľa ktorých pri genotypoch sóje s rôznou intenzitou rastu napriek podobným nárokom na prostredie je utváranie morfo-fyziologických vlastností a produkčných charakteristík predstavované odlišnou architektúrou.

Presné poznanie týchto ukazovateľov je nevyhnutné pri programovaní úrody. Treba zdôrazniť, že súčasné modely produkčných schopností rastlín zatiaľ nezahŕňajú komplexný faktor genotypovej špecifity rastového a produkčného utvárania porastu. Otázkou zostáva, akým spôsobom sa má zohľadniť v itinerári pestovateľských opatrení v limitujúcich, nelimitujúcich, resp. meniacich sa podmienkach prostredia.

Charakter difúznej rezistencie vybraných odrôd ukazuje, že v zhodných podmienkach pestovania tieto nie sú rovnako aktívne z hľadiska vodivosti prieduchov. Efektívnosť využitia vody a zmeny intenzity fotosyntézy pri zatváraní prieduchov môžu byť významné pri posudzovaní odrodových rozdielov (tab. III). Kvantifikácia funkcií prieduchov v rôznom stave ich aktivity však vyžaduje špecifický prístup, ako aj jeho implikovanie do integrujúcich celkov.

## PodĎakovanie

Dovoľujeme si poďakovať prof. Ing. Š. Hraškoví, DrSc., za cenné pripomienky a za vecné a kritické posúdenie príspevku.

## LITERATÚRA

- BEAVER, J. S. – COOPER, R. L. – MARTIN, R. J.: Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate soybeans. *Agron. J.*, 77, 1985: 675–679.
- BEAVER, J. S. – JOHNSON, R. R.: Response of determinate and indeterminate soybeans to varying cultural practices. *Agron. J.*, 73, 1981: 833–838.
- BLANCHET, R. – BOUNIOLS, A. – CONSTANT, S. – GELFI, N. – MARTY, J. R. – PUECH, J.: Biologie et formation du rendement de sojas déterminés et indéterminés en bonnes conditions culturales. *Eurosoya*, 1986 (4): 10–17.
- BLANCHET, R. – HUGON, C. – BOUNIOLS, A. – GELFI, N.: Réponse comparée de sojas a croissance déterminée ou non a différentes ressources hydriques. *Eurosoya*, 1987 (5): 22–30.
- BRESTIČ, M.: Hodnotenie ekostability rastlín v limitujúcich podmienkach kultivácie. In: Zbor. celošt. Konf. MVVP, Praha 1988. 13 s.
- BRESTIČ, M. – CORNIC, G. – FRYER, M. J. – BAKER, N. R.: Does photorespiration protect the photosynthetic apparatus in French bean leaves from photoinhibition during drought stress? *Planta*, 196, 1995 (7): 450–457.
- CALMÉS, J. – VIALA, G. – GELFI, N. – BLANCHET, R.: Influence d'un déficit hydrique sur trois variétés de soja: effet sur la protéogenèse des graines. *Agronomie*, 5, 1985 (2): 169–176.
- COOPER, R. L.: Development of short-statured soybean cultivars. *Crop Sci.*, 2, 1981: 127–131.

COX, W. J. – JOLLIF, C. D.: Crop water relations of sunflower and soybean under irrigated and dryland conditions. *Crop Sci.*, 27, 1987: 533–557.

LIAW, S. I. – CHEN, C. Y.: The effects of drought stress on stomatal movement in relation to drought resistance in soybean varieties. *J. Agric.*, 151, 1990: 47–60.

PETR, J. – ČERNÝ, V. – HRUŠKA, L.: Tvorba výnosu hlavních polních plodin. Praha, SZN 1980.

PIGEAIRE, A.: Propositions pour le diagnostic cultural chez le soja de type indéterminé. *Inform. Techn. CETIOM*, 94, 1986: 3–13.

SPECHT, J. E. – WILLIAMS, J. H. – WEIDENBENNER, C. J.: Differential responses of soybean genotypes subjected to a seasonal soil water gradient. *Crop Sci.*, 26, 1986: 922–934.

SVOBODA, J. – BELAN, F.: Vliv stanoviště na hospodářský výnos sóje. *Acta Univ. Agric. Fac. Agron. (Brno)*, 34, 1986: 207–218.

Došlo 8. 7. 1996

**Kontaktná adresa:**

Ing. Marián Brestič, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/601, fax: 087/41 14 51, e-mail: brestic@afnet.uniag.sk

| Prírodná skupina |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| 100              | 100              | 100              | 100              | 100              |
| 100              | 100              | 100              | 100              | 100              |
| 100              | 100              | 100              | 100              | 100              |
| 100              | 100              | 100              | 100              | 100              |

# INFLUENCE OF HUMIC SUBSTANCES ON *IN VITRO* CULTURES UNDER NITROGEN DEFICIENCY

## VLIV HUMINOVÝCH LÁTEK NA KULTURY *IN VITRO* ZA SNÍŽENÉHO OBSAHU DUSÍKU

H. Vlačínová, L. Havel, S. Procházka

Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

**ABSTRACT:** Two *in vitro* cultured model plants, cabbage hypocotyls and Norway spruce polyembryonic mass, were used to investigate the interaction of humic substances with nitrogen nutrition and their effect on plant growth. Present study demonstrated a possibility of *in vitro* plant growth stimulation by sodium humate with optimum at 50 mg.l<sup>-1</sup> and elimination of growth inhibitions caused by nitrogen deficiency.

*Picea abies*; *Brassica oleracea*; *in vitro*; sodium humate; somatic embryogenesis; organogenesis; nitrogen

**ABSTRAKT:** Byl testován vliv humátu sodného na růst dvou modelových kultur v podmínkách *in vitro*, na kulturu hypocotylů zelí hlávkového a polyembryonní kulturu smrku ztepilého. Pozornost byla zaměřena hlavně na účinky humátů sodného na kultivaci při sníženém obsahu dusíku v kultivačním médiu. Bylo zjištěno, že optimální hladina humátů sodného 50 mg.l<sup>-1</sup> stimuluje růst obou *in vitro* kultur a je schopná dokonce eliminovat negativní důsledky deficitu dusíku v těchto kulturách.

*Picea abies*; *Brassica oleracea*; *in vitro*; humát sodný; somatická embryogeneze; organogeneze; dusík

### INTRODUCTION

The physiological effects of humic substances are of complex nature. It was demonstrated that they show a direct effect on photosynthesis, respiration, synthesis of nucleic acids and enzymes, uptake of minerals and on the permeability of cell membranes (V a u g h a n, 1986).

Root absorption tests demonstrated that the presence of humic substances in the nutrient solution caused initial reduction and subsequently gradually increasing stimulation in active anion transport (D e l l ' A g n o l a, N a r d i, 1987). The effect of humic substances on nitrate uptake was studied among others in barley (A l b u z i o e t a l., 1986), oat (D e l l ' A g n o l a, N a r d i, 1987; N a r d i e t a l., 1991; M a g g i o n i e t a l., 1992), maize (F o r t u n, L o p e z - F a n d o, 1982), olive (T a t t i n i e t a l., 1990) and tropical tree teak (F a g b e n r o, A g b o o l a, 1993). Results in oat showed that the most effective humic fractions were those of the smallest molecular size. Low molecular size humic substances stimulated plasma membrane and tonoplast ATPase activity as well as the transport of N<sup>-</sup> (M a g g i o n i e t a l., 1992). Results in young barley plants indicated an effect of humic substances not only on transport, but also on the reduction of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> to NO<sub>2</sub><sup>-</sup> due to nitrate reductase and on the glutamine synthetase activity (D e l l ' A g n o l a, N a r d i, 1987).

Despite the fact that many authors mentioned an increase of plant production under the effect of humic substances, data regarding their use in *in vitro* plant cultures are scarce. C h e r e v c h e n k o, K u s h n i r (1986) observed sodium humate stimulative effect in orchid *in vitro* culture. In our previous experiments a promoting effect of humic substances on orchids (V l a š i n o v á e t a l., 1994; V l a š i n o v á e t a l., 1996), cabbage, Norway spruce and tobacco *in vitro* cultures (V l a š i n o v á e t a l., 1995) was demonstrated. The aim of this work was to study sodium humate effect on growth of plants *in vitro* under various levels of nitrogen, especially under nitrogen deficiency. The effect of humic substances on plant growth was studied in two independent experiments with two different plant *in vitro* cultures.

### MATERIAL AND METHODS

The surface sterilised cabbage seeds (*Brassica oleracea* var. *capitata* L., cv. Zora) were cultured one week on agar solidified MS medium (M u r a s h i g e, S k o o g, 1962). The segments of hypocotyls (approx. equal weight 10 mg and length 10 mm) were used for the first experiment. Three explants were cultured on 20 ml of agar solidified MS medium in 100 ml Erlenmayer flasks (with 30 replications per variant). To in-

duce organogenesis 1 mg.l<sup>-1</sup> of BAP was added. The full and half strength MS medium with various levels of nitrogen (0, 25, 100% of normal concentration in MS) and sodium humate (0, 5, 10, 50 mg.l<sup>-1</sup>) were tested. Culture conditions were 24 °C and 16 hour photoperiod.

For the stock solution of modified full strength MS medium with 25% nitrogen level, 19 g KNO<sub>3</sub> was substituted by 14 g KCl and amount of NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> was decreased from 16.5 g to 6 g. Final concentration of nitrogen in 25% N medium was 210 mM in full strength MS and 105 mM in half strength MS medium, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ratio in our experiment was 1 : 3,4 instead of 1 : 7,4 in original MS medium.

Sodium humate was prepared from oxyhumulits (Vrba, 1992). NH<sub>4</sub><sup>+</sup> content in sodium humate was measured by the KJELDAHLIC apparatus. Stock solution was prepared by dissolving in small volume of 0.1N KOH, volume adjusted with distilled water and stored at 4 °C. pH of the medium was 5.8. Media were autoclaved after sodium humate addition.

Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] polyembryonic culture (clon E0) initiated and maintained as previously described (Havel, Procházka, 1992) was used in our second experiment. Equal amounts (10 x 0.03 g) of early somatic embryos were transferred on Petri dishes with 20 ml Gelrite solidified half strength LP medium (Arnold, 1978) with various levels of nitrogen (0, 25, 50, 100% of normal concentration of half strength LP medium) and sodium humate (0, 5, 10, 50 mg.l<sup>-1</sup>). Sodium humate solution, stored as previously described, was added to autoclaved medium after filter sterilisation (0.2 µm). Cultures were maintained at 24 °C in dark.

To prepare stock solution for LP/2 medium with 25% of nitrogen 19 g KNO<sub>3</sub> was substituted by 14 g KCl. Amount of NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> decreased from 24 g to 6.3 g. Total nitrogen content in 25% N medium was 110 mM, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ratio was changed from 1 : 6 to 1 : 3.5.

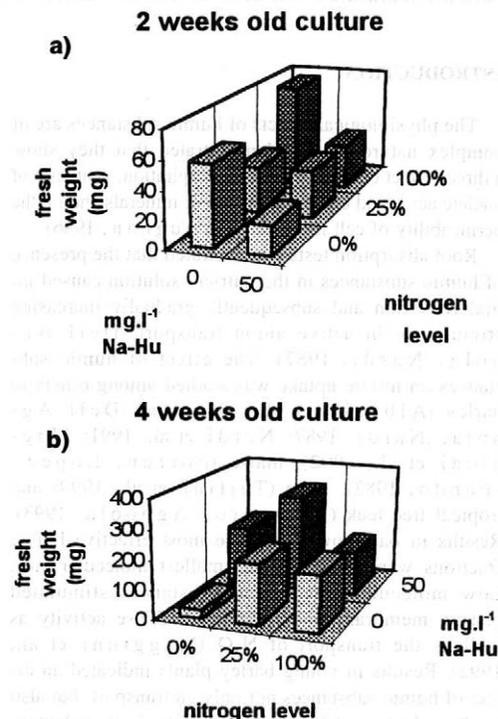
## RESULTS AND DISCUSSION

Effects of nitrogen and sodium humate levels on cabbage hypocotyl culture are demonstrated in Fig. 1a, b and 2. Differences in fresh weight of cabbage explants were weighed after two and four weeks of culturing. The effect of sodium humate was tested first in the full strength MS medium. As there was no difference between control and 25% nitrogen variant (Fig. 1b), the effect of nitrogen deficiency was then tested on half strength MS medium (Fig. 2).

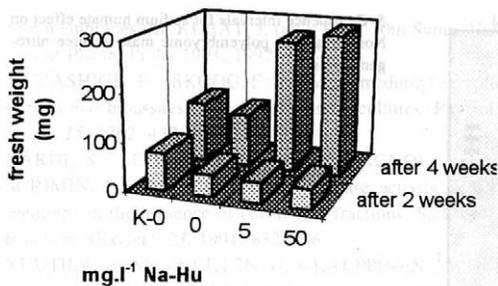
Starting growth inhibition caused by sodium humate was observed after 2 weeks in both full and half strength MS medium (Fig. 1a and 2). Differences in fresh weight of Norway spruce polyembryonic culture were evaluated after 10 days (Fig. 4). Method of confidence intervals was used to test statistical significance (Fig. 3 and 5). High statistical differences were found

between control variant with 100% of nitrogen and variant with 25% of nitrogen levels in spruce. In both model plants the stimulative effect of sodium humate (with optimal concentration 50 mg.l<sup>-1</sup>) on the culture growth under the condition of nitrogen deficiency was observed. This effect was statistically significant in spruce (Fig. 5). Moreover, in cabbage, the sodium humate could compensate the lack of nitrogen in the medium (Fig. 1b).

Chaminda (1966) observed plant ability to utilise very low concentration of nitrogen in the presence of humic acids. Humic substances stimulated synthesis of nitrogen substances and increased normal plant growth under levels of nitrogen salts which are generally toxic. Naturally, some nitrogen was present in the cultured tissues. In the used sodium humate 0.86% of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> was found. Addition of 50 mg.l<sup>-1</sup> of sodium humate increased amount of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> by 0.48 mg.l<sup>-1</sup>. On the other hand, culture without nitrogen and without any humic substance was completely inhibited. Heyduk (1995), using the same cabbage model and 25% nitrogen level, observed statistically significant inhibition, which was not found in the presence of 50 mg.l<sup>-1</sup> of potassium humate. In our experiments with cabbage, the decrease of growth with 25% nitrogen level was not statistically significant, but statistically significant stimulation was observed in the presence of 50 mg.l<sup>-1</sup>



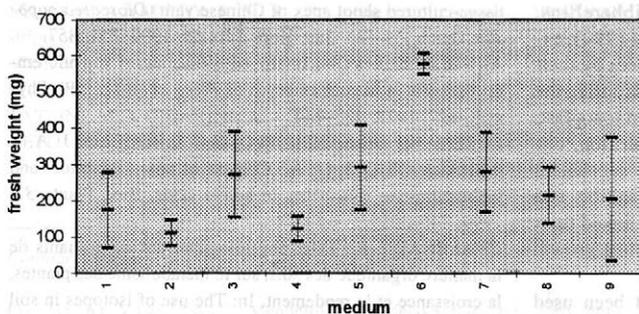
1. Effect of nitrogen and sodium humate (Na-Hu) levels on average weight of cabbage hypocotyl culture with full strength MS medium



2. Effect of sodium humate on fresh weight of cabbage hypocotyl explants under different levels of nitrogen in half strength MS medium

K-0 – 100% nitrogen level without Na-Hu

0, 5, 50 – Na-Hu concentration in 25% nitrogen level



3. Confidence intervals for sodium humate effect on cabbage hypocotyl culture in various levels of nitrogen and MS medium (4 weeks culture)

half strength MS medium:

1-100% nitrogen level without Na-Hu

2-25% nitrogen level without Na-Hu

3-25% nitrogen level with 5 mg.l<sup>-1</sup> Na-Hu

4-25% nitrogen level with 10 mg.l<sup>-1</sup> Na-Hu

5-25% nitrogen level with 50 mg.l<sup>-1</sup> Na-Hu

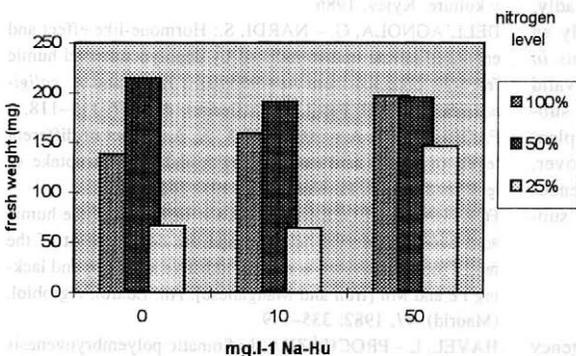
full strength MS medium:

6-100% nitrogen level without Na-Hu

7-100% nitrogen level with 50 mg.l<sup>-1</sup> Na-Hu

8-25% nitrogen level without Na-Hu

9-25% nitrogen level with 50 mg.l<sup>-1</sup> Na-Hu



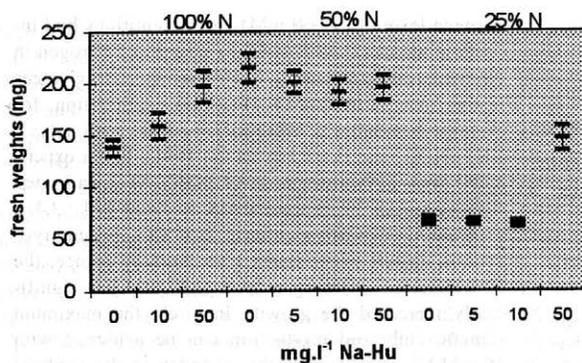
4. Sodium humate and nitrogen effect on Norway spruce polyembryonic culture

sodium humate (Fig. 3). The plant cultures differ in their nitrogen requirements. Araki et al. (1992) observed that most of shoot apices of Chinese yam developed into shoots on modified Murashige-Skoog (MS) medium with nitrogen level reduced to one-tenth of the recommended concentration. With *in vitro* apple leave cultures, inorganic nitrogen could be reduced by 75% without any negative effect (Predieri, Malvasi, 1989). Selby, Harvey (1990) observed Sitka spruce adventitious bud production at low inorganic

nitrogen level (15 to 60 mM) and adventitious bud induction and elongation at 7.5 to 30 mM of nitrogen in the media. Organogenesis is also sensitive to changes in the ratio of  $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ . Optimal regeneration, for example in pear, was observed on media with a 1 : 3  $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$  ratio (Leblay et al., 1991). In our experiments with 25% nitrogen level,  $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$  ratio was changed from 1 : 7.4 (original MS medium) to 1 : 3.4.

Amount of nitrogen affects also somatic embryogenesis. In our experiments with Norway spruce, the 50% decrease of nitrogen level (220  $\text{mM.l}^{-1}$ ) significantly increased the growth. In birch, the maximum somatic embryoid production can be achieved with 35  $\text{mM.l}^{-1}$  of total inorganic nitrogen in the medium (Nuutila et al., 1991). On the contrary, in our experiments with Norway spruce the decrease of nitrogen level to 25% (110  $\text{mM.l}^{-1}$ ) significantly inhibited the

growth. When 50  $\text{mg.l}^{-1}$  of sodium humate was added, no inhibition was found (Fig. 5). Lower concentrations (5 and 10  $\text{mg.l}^{-1}$ ) were without any effect. In view of the influence of humic substances on meristematic cells, cell wall, and anatomic structures *in vivo*, it is possible to suppose the direct effect of humic substances on morphogenic processes *in vitro*, either organogenesis or somatic embryogenesis. The spectrum of humic substances effects on plant organs and cells is very large. Many authors described hormone-like ac-



5. Confidence intervals for sodium humate effect on Norway spruce polyembryonic mass at three nitrogen levels

tivity of humic substances (Vaughan, 1986). Mainly in case of fulvic acids, Tichý (1982) observed activity similar to auxins, cytokinins or gibberellins. Casenave de Sanfilippo et al. (1990) explained auxin like activity of humic substances by their direct effect on IAA oxidase activity. Obviously, the transport properties of plasma membrane and tonoplast, regulating cell metabolism and mineral nutrition, can be modulated by different modes of humic substances action. Humic substances can stimulate, inhibit and also help to overcome some of the stresses linked to *in vitro* cultivation and thus improve normal plant growth and development.

Surprisingly, humic substances had not been used more extensively in plant tissue cultures so far. The possible reason for that could be their not precisely defined composition. On the other hand, many other, not well defined substances, have been used broadly. One of them, active charcoal, is not probably only an absorbant, but exhibits also other effects on plants *in vitro*. Therefore, the limited definition is not a valid argument for the complete rejection of humic substances, especially in micropropagation of wild plant species and gene conservation projects. Moreover, modern analytic techniques could minimize differences and increase the uniformity of the used humic substances fractions.

#### Acknowledgement

This work was partially supported by Grant Agency of the Czech Republic (project No. 522/96/K186) and by Ministry of Education of the Czech Republic (project No. 96082).

#### REFERENCES

ALBUZIO, A. – FERRARI, G. – NARDI, S.: Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. *Can. J. Soil. Sci. Rev. Can. Sci. Sol. (Ottawa)*, 66, 1986: 731–736.

ARAKI, H. – SHI, L. – YAKUWA, T.: Effects of auxin, cytokinin and nitrogen concentration on morphogenesis of tissue-cultured shoot apex of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, 60, 1992: 851–857.

ARNOLD, S. J. VON: Improved efficiency of somatic embryogenesis in mature embryos of *Picea abies* (L.). *Pl. Physiol.*, 127, 1978: 233–244.

CASENAVE DE SANFILIPPO, E. – ARGUELO, J. A. – ABDALA ORIOLI, G. A.: Content of auxin-inhibitor- and gibberellin-like substances in humic acids. *Biol. Plant.*, 32, 1990: 346–351.

CHAMINADE, R.: Effet physiologique des constituants de la matière organique des sols, sur le métabolisme des plantes, la croissance et le rendement. In: *The use of isotopes in soil organic matter studies*. Rep. FAO/IAEA Tech. Meet. Brunswick Volkenrode, 1963, Pergamon, Oxford, 1966: 35–47.

CHEREVCHENKO, T. M. – KUSHNIR, G. P.: Orchidei v kulture. Kyjev, 1986.

DELL'AGNOLA, G. – NARDI, S.: Hormone-like effect and enhanced nitrate uptake induced by depolycondensed humic fractions obtained from *Allolobophora rosea* and *A. caliginosa* faeces. *Biol. Fertil. Soil. (Berlin)*, 4, 1987: 115–118.

FAGBENRO, J. A. – AGBOOLA, A. A.: Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *J. Pl. Nutr.*, 16, 1993: 1465–1483.

FORTUN, C. – LOPEZ-FANDO, C.: Influence of the humic acid over the mineral nutrition and the development of the maize roots, cultivated in normal nutritive solutions and lacking Fe and Mn [Iron and Manganese]. *An. Edafol. Agrobiol. (Madrid)*, 41, 1982: 335–349.

HAVEL, L. – PROCHÁZKA, J.: Somatic polyembryogenesis in Norway spruce – induction and characterization of different embryonic clones. *Biol. Plant.*, 34 (Suppl.), 1992: 538.

HEYDUK, S.: Vliv huminových látek na explantátové kultury hlávkového zelí. [Diplomová práce.] Brno, 1995. – MZLU.

LEBLAY, C. – CHEVREAU, E. – RABOIN, L. M.: Adventitious shoot regeneration from *in vitro* leaves of several pear cultivars (*Pyrus communis* L.). *Pl. Cell. Tissue and Organ. Cult.*, 25, 1991: 99–105.

MAGGIONI, A. – VARANINI, Z. – PINTON, R. – BIASI, M. G. DE: Humic substances affect transport properties of

- root membranes. In: KUBÁT, J. (ed.): Proc. 10th Symp. Humus et Planta, Praha 1991, 1992: 137–144.
- MURASHIGE, T. – SKOOG, F.: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15, 1962: 437–497.
- NARDI, S. – CONCHERI, G. – DELL'AGNOLA, G. – SCRIMIN, P.: Nitrate uptake and ATPase activity in oat seedlings in the presence of two humic fractions. *Soil. Biol. Biochem. (Exeter)*, 23, 1991: 833–836.
- NUUTILA, A. M. – KURTEN, U. – KAUPPINEN, V.: Optimization of sucrose and inorganic nitrogen concentrations for somatic embryogenesis of birch (*Betula pendula* Roth.) callus cultures: a statistical approach. *Pl. Cell. Tissue and Organ Cult.*, 24, 1991: 73–77.
- PREDIERI, S. – MALAVASI, F.: High-frequency shoot regeneration from leaves of the apple rootstock M26 (*Malus pumila* Mill.). *Pl. Cell. Tissue and Organ Cult.*, 17, 1989: 133–142.
- SELBY, C. – HARVEY, B. M. R.: The influence of composition of the basal medium on the growth and morphogenesis of cultured Sitka spruce (*Picea sitchensis*) tissues. *Ann. Bot.*, 65, 1990: 395.
- TATTINI, M. – CHIARINI, A. – TAFANI, R. – CASTAGNETO, M.: Effect of humic acids on growth and nitrogen uptake of container-grown olive (*Olea europaea* L. Maurino). *Acta Hort. (Wageningen)*, 286, 1990: 125–128.
- TICHÝ, V.: Physiological and morphological responses of plants to the presence of humus substances. [Scripta.] *Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brno*, 12, 1982: 401–406.
- VAUGHAN, D.: Effect of humic substances on metabolic processes in plants. In: BURNS, R. G. – DELL'AGNOLA, G. – MIELE, S. – NARDI, S. – SAVOINI, G. – SCHNITZER, M. – SEQUI, P. – VAUGHAN, D. – VISSER, S. A. (eds.): Humic substances effects on soil and plants. *Reda*, 1986: 54–76.
- VLAŠÍNOVÁ, H. – JEŽEK, Z. – PROCHÁZKA, S.: Vliv huminových látek na rychlost růstu orchidejí v podmínkách *in vitro*. *Rostl. Výr.*, 40, 1994: 747–754.
- VLAŠÍNOVÁ, H. – HAVEL, L. – PROCHÁZKA, S.: Effect of humic substances on *in vitro* propagation. *PAN Wydział nauk rolniczych i lesnych, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 422, 1995: 93–97.
- VLAŠÍNOVÁ, H. – GENZAROVÁ, P. – PROCHÁZKA, S. – HAVEL, L.: Effect of sodium humate in *Cymbidium in vitro* culture. *Biologia (Bratislava)*, 51, 1996: 88.
- VRBA V.: Podmínky a způsoby aplikace preparátu Humex. *Úroda*, 1992 (11): 94.

Received on December 5, 1996

Contact Address:

Ing. Helena Vlašínová, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel: 05/45 13 30 24, fax: 05/45 13 30 25, e-mail: vlas@pok0.vszbr.cz

**INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION**  
**Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic**  
**Fax: (00422) 24 25 39 38**

---

In this institute scientific journals dealing with the problems of agriculture and related sciences are published on behalf of the Czech Academy of Agricultural Sciences. The periodicals are published in the Czech or Slovak languages with long summaries in English or in English language with summaries in Czech or Slovak.

Subscription to these journals should be sent to the above-mentioned address.

---

Periodical	Number of issues per year
Rostlinná výroba (Plant Production)	12
Živočišná výroba (Animal Production)	12
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12
Lesnictví – Forestry	12
Zemědělská technika (Agricultural Engineering)	4
Ochrana rostlin (Plant Protection)	4
Genetika a šlechtění (Genetics and Plant Breeding)	4
Zahradnictví (Horticultural Science)	4
Potravinářské vědy (Food Sciences)	6

---

# AKTIVITA GIBBERELINŮ V OBILKÁCH JARNÍHO JEČMENE (*HORDEUM VULGARE* L.) V PRŮBĚHU POSKLIZŇOVÉHO DOZRÁVÁNÍ

## ACTIVITY OF GIBBERELLINS IN CARYOPSES OF SPRING BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) DURING POST-HARVEST MATURATION

M. Hudeová<sup>1</sup>, V. Psota<sup>2</sup>, H. Vítková<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>Research Institute for Brewing and Malting, Brno, Czech Republic

**ABSTRACT:** The activity of endogenous gibberellins was studied in the stage of milk ripeness (10 July), full ripeness (24 July) and during post-harvest maturation (1, 7, 14 and 28 August) in caryopses of three varieties of spring barley (Alexis, Akcent and Rubín). The activity of gibberellins in the course of post-harvest maturation was studied in caryopses germinated after 24 and 48 hours together with caryopses which had only swollen after 24 and 48 hours but not germinated. At the same time, the values of energy and index of germination were investigated. Gibberellin activity in dry caryopses was the highest in the Akcent variety, with an increasing tendency in all three varieties for the studied period. Gibberellin activity was found to correspond with the values of energy of germination and index of germination. The quickest to germinate were caryopses of the Alexis and Akcent varieties. Gibberellin activity in caryopses which germinated after 24 hours was somewhat higher than those that germinated after 48 hours. During post-harvest maturation, gibberellin activity declined in the germinated caryopses. Gibberellin activity in caryopses which did not germinate after 24 and 48 hours, was approximately the same as in the germinated caryopses. In these caryopses, the activity of gibberellin also decreased during post-harvest maturation. Based on the above results it can be said that post-harvest maturation of caryopses of spring barley is significantly influenced by the activity of endogenous gibberellins. However, the resulting values of the energy and index of germination are also affected by many other factors. The interaction of phytohormones is indisputable and also the ability of cells and tissues to respond to the effect of the phytohormones.

barley (*Hordeum vulgare* L.); germination; dormancy; gibberellin

**ABSTRAKT:** V obilkách tří odrůd jarního ječmene (Alexis, Akcent a Rubín) byla sledována aktivita endogenních giberelinů v mléčné zralosti (10. 7.), v plné zralosti (24. 7.) a v průběhu posklizňového dozrání (1. 8., 7. 8., 14. 8., 28. 8.). V průběhu posklizňového dozrání byla aktivita giberelinů sledována i u obilek naklíčených po 24 a 48 h a zároveň u obilek, které po 24 a 48 h pouze nabobtnaly, ale nevyklíčily. Současně byly zjišťovány i hodnoty energie a indexu klíčení. Aktivita giberelinů v suchých obilkách byla nejvyšší u odrůdy Alexis a nejnižší u odrůdy Rubín. U všech tří odrůd měla v průběhu sledovaného období vzestupný trend. S aktivitou giberelinů souvisely i hodnoty energie a indexu klíčení. Nejrychleji a nejvíce klíčily obilky odrůd Alexis a Akcent. Obilky, které naklíčily po 24 h, vykazovaly mírně vyšší aktivitu giberelinů než obilky, které naklíčily po 48 h. Aktivita giberelinů v průběhu posklizňového dozrání v naklíčených obilkách klesala. Nejpozději u odrůdy Rubín. Aktivita giberelinů v obilkách, které nenaklíčily v průběhu 24 nebo 48 h, byla přibližně na stejné úrovni jako u obilek, které vyklíčily. Také u těchto obilek aktivita giberelinů během posklizňového dozrání klesala. Z dosažených výsledků je zřejmé, že posklizňové dozrání obilek jarního ječmene je významně ovlivněno aktivitou endogenních giberelinů. Výsledné hodnoty energie a indexu klíčení jsou však dány souhrou řady dalších faktorů, především rovnováhou mezi fytohormony a citlivostí buněk a pletiv k nim.

ječmen (*Hordeum vulgare* L.); klíčení; dormance; giberelin

### ÚVOD

Studium procesů dormance u obilnin je nutné zejména u jarního ječmene v souvislosti s jeho využitím ve sladařském průmyslu, neboť při sladování ječmene může dormance obilek způsobovat určité potíže. Dů-

kladné poznání pochodů probíhajících během dormance, případně již během vývoje a zrání obilek je třeba nejen pro sladařství, ale i pro pěstování ječmene. Souvisí s tím především důkladné poznání úlohy jednotlivých fytohormonů a jejich interakcí v dormanci (Wheeler, 1972; Goldbach, 1975; Hudeová,

1978; Procházka et al., 1982; Hudeová et al., 1996). Vydeme-li z definice, že slad je dobře naklíčený a rozluštěný ječmen, je zřejmé, že hlavním požadavkem na dobrý sladovnický ječmen je vyrovnané a spíše rychlé klíčení. V předložené práci byla sledována aktivita giberelinů v suchých, naklíčených a nenaklíčených obilkách vybraných odrůd jarního ječmene v průběhu jejich zrání a posklizňového dozrávání.

## MATERIÁL A METODA

Endogenní gibereliny byly stanovovány v obilkách tří odrůd jarního ječmene (Akcent, Alexis a Rubín). Pokusné odrůdy byly pěstovány ve Státní odrůdové zkušebně ve Věrovaněch.

Aktivita giberelinů byla sledována během ontogenetického vývoje obilek a v průběhu posklizňového dozrávání.

Termíny odběru vzorků:

1. (mléčná zralost)	10. 7. 1995
2. (vosková zralost)	24. 7. 1995
3. (plná zralost)	1. 7. 1995
4.	7. 8. 1995
5.	14. 8. 1995
6.	28. 8. 1995

Kromě toho byla od fáze plné zralosti obilek zjišťována klíčivost obilek a dále aktivita giberelinů v obilkách, které za 24 a 48 h naklíčily a nenaklíčily.

Klíčení obilek probíhalo v Petriho miskách, v termostatu při teplotě 20 °C. Po 24 a 48 h bylo odebráno 45 obilek naklíčených a 45 obilek nenaklíčených. Za naklíčené byly považovány obilky s kořínky 1 až 2 mm.

Po extrakci 99% metanolem + BHT (dvakrát 24 h) a chromatografickém dělení byla stanovena aktivita endogenních giberelinů salátovým testem (Frankland, Wareing, 1960; Hradilík, 1977).

Energie a index klíčení (Riis, Bang-Olsen, 1991) byly stanoveny tímto způsobem: 4 x 100 obilek klíčilo v Petriho misce (85 mm). Obilky byly rozloženy

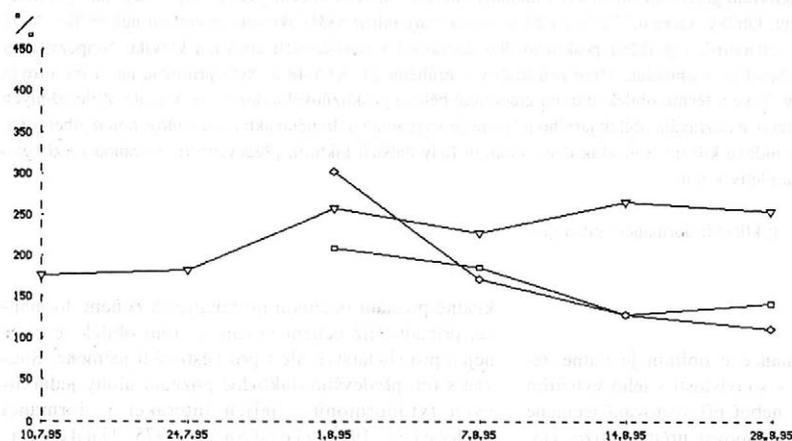
na dvou vrstvách filtračního papíru. Po přidání 4 ml vody proběhla inkubace při teplotě 20 ± 0,2 °C ve vlhké atmosféře. Obilky viditelně naklíčené byly spočítány a odstraněny po 24, 48 a 72 h po přidání vody.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

U vybraných odrůd jarního ječmene (Akcent, Alexis a Rubín) byla v suchých obilkách sledována aktivita giberelinů během ontogeneze a dále v uvedených termínech posklizňového dozrávání. Kromě toho byla od fáze plné zralosti obilek zjišťována také aktivita giberelinů v průběhu klíčení obilek (za 24 a 48 h), a to jak v obilkách naklíčených, tak i v obilkách, které v uvedených intervalech nenaklíčily (obr. 1 až 6).

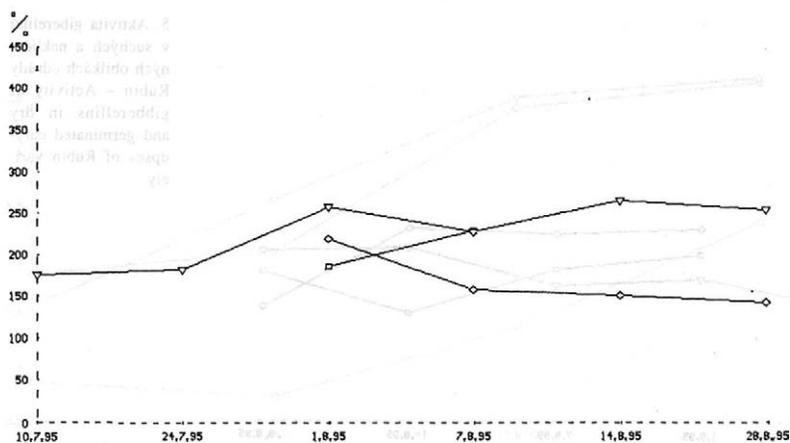
U všech sledovaných odrůd se projevil obdobný průběh aktivity giberelinů během ontogeneze obilek – aktivita giberelinů se zvyšovala (obr. 1, 3 a 5). Zřetelnější rozdíly mezi odrůdami se projeví teprve během posklizňového dozrávání. U odrůd Rubín a Akcent lze v tomto období konstatovat vzestupný trend aktivity giberelinů (obr. 1 a 5). Výrazně se od popsaných odrůd liší odrůda Alexis, u které došlo 14 dní po sklizni k výraznému zvýšení aktivity giberelinů v suchých obilkách s následujícím prudkým snížením na úroveň aktivity giberelinů u odrůd Rubín a Akcent. Vzestupná aktivita giberelinů v obilkách v průběhu posklizňového dozrávání odpovídá popisované úloze giberelinu v procesech dormance a v následném klíčení obilek. Mnozí autoři zjistili v průběhu ontogeneze obilek ječmene dvouvrcholovou křivku (Mounla, Michael, 1973). Jednovrcholovou křivku s maximem giberelinů ve fázi mléčné zralosti a s následným poklesem uvádějí Dundelová, Procházka (1989).

Aktivita giberelinů v klíčících a neklíčících obilkách, zjišťovaná v průběhu posklizňového dozrávání, má sestupný charakter (obr. 1 až 6). I zde se však projevují odrůdové rozdíly. U odrůd Alexis a Rubín byla v plné zralosti obilek zjištěna vyšší nebo stejná aktivita

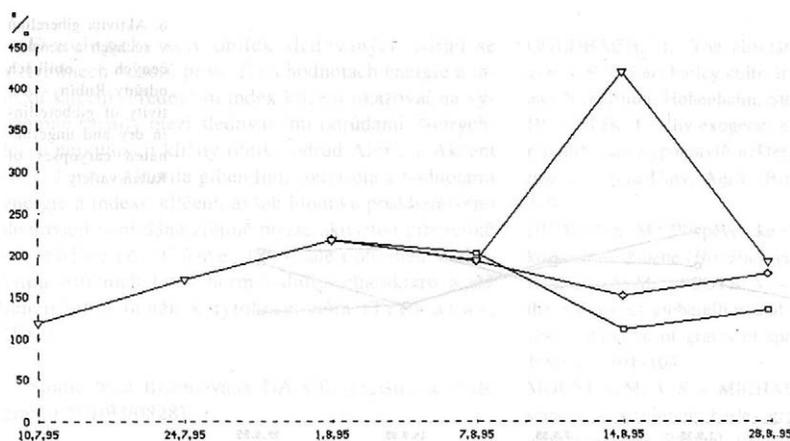


1. Aktivita giberelinů v suchých a naklíčených obilkách odrůdy Akcent – Activity of gibberellins in dry and germinated caryopses of Akcent variety

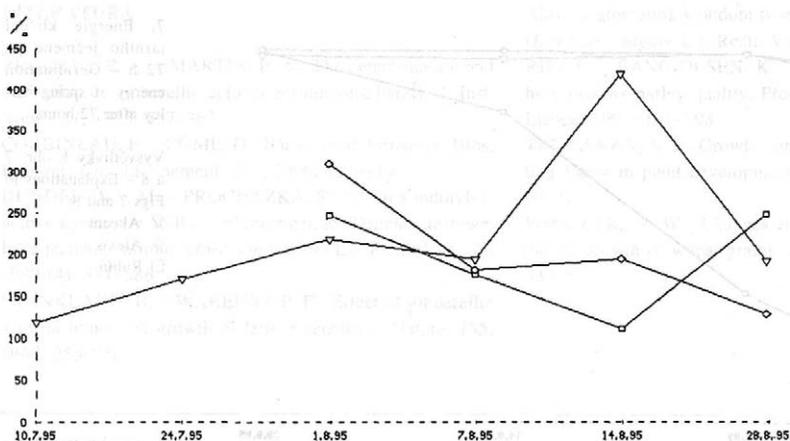
Vysvětlivky k obr. 1 až 6 – Explanations to Figs 1 to 6:  
 ▽ suché obilky – dry caryopses  
 ◇ po 24 h klíčení – after 24 h of germination  
 □ po 48 h klíčení – after 48 h of germination



2. Aktivita giberelinů v suchých a nenaklíčených obilkách odrůdy Akcent – Activity of gibberellins in dry and ungerminated caryopses of Akcent variety



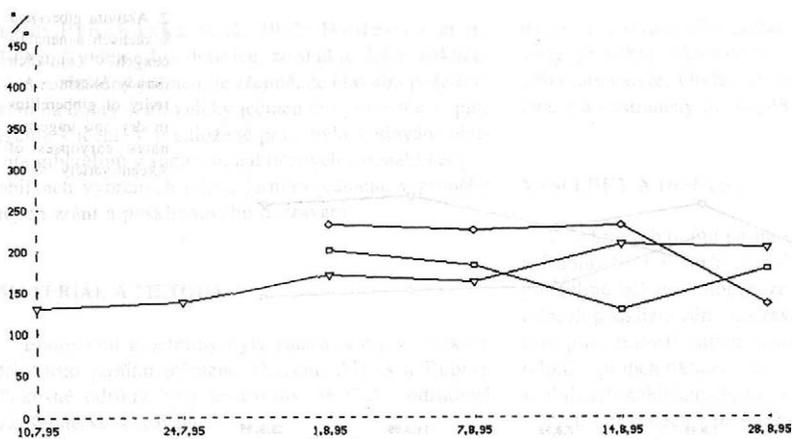
3. Aktivita giberelinů v suchých a naklíčených obilkách odrůdy Alexis – Activity of gibberellins in dry and germinated caryopses of Alexis variety



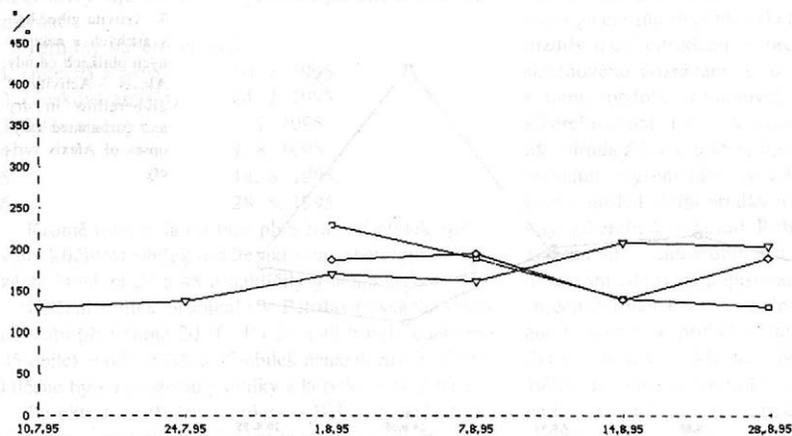
4. Aktivita giberelinů v suchých a nenaklíčených obilkách odrůdy Alexis – Activity of gibberellins in dry and ungerminated caryopses of Alexis variety

giberelinů u naklíčených i nenaklíčených obilek než u obilek suchých (obr. 3 až 6), zatímco u odrůdy Akcent byla ve fázi plné zralosti aktivita giberelinů u naklíčených i nenaklíčených obilek většinou nižší než

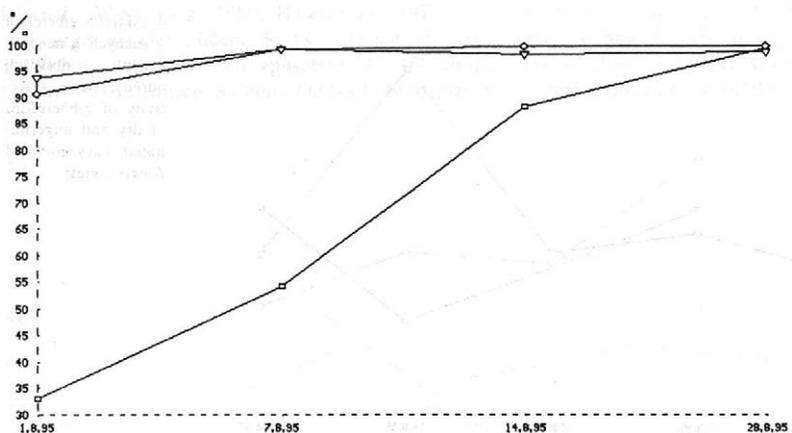
u obilek suchých (obr. 1 a 2). U odrůd Akcent a Alexis se projevuje určitá obdoba ve snížení aktivity giberelinů v průběhu dozrání zejména u naklíčených obilek (obr. 1 a 3).



5. Aktivita giberelinů v suchých a naklíčených obilkách odrůdy Rubín – Activity of gibberellins in dry and germinated caryopses of Rubín variety



6. Aktivita giberelinů v suchých a nenaklíčených obilkách odrůdy Rubín – Activity of gibberellins in dry and ungerminated caryopses of Rubín variety



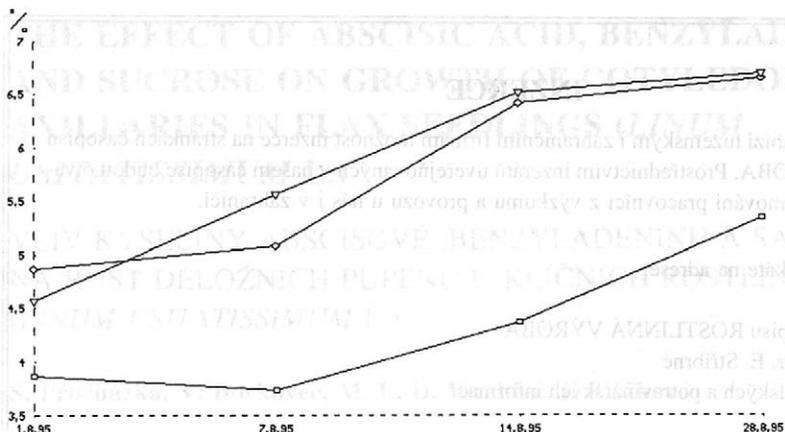
7. Energie klíčení jarního ječmene po 72 h – Germination energy of spring barley after 72 hours

Vysvětlivky k obr. 7 a 8 – Explanations to Figs 7 and 8:

- ▽ Akcent
- ◇ Alexis
- Rubín

Při pozorování aktivity giberelinů se ukazuje, že došlo po 48 h především u klíčících obilok pokusných odrůd ke snížení aktivity giberelinů ve sledovaných termínech posklizňového dozrávání. Toto snížení by mohlo souviset se

spotřebou giberelinů v prvních fázích klíčení nebo také s jejich nízkou syntézou. Pokles aktivity giberelinů během klíčení obilok zjistili také Brookes, Martin (1975), avšak až po třech dnech klíčení.



8. Index klíčení jarního ječmene po 72 h – Germination index of spring barley after 72 hours

Fyziologický stav obiliek sledovaných odrůd se v termínech odběrů projevil na hodnotách energie a indexu klíčení. Především index klíčení ukazoval na významné rozdíly mezi sledovanými odrůdami. Nejrychleji a nejvíce klíčily obilky odrůd Alexis a Akcent (obr. 7 a 8). Aktivita giberelinů souvisela s hodnotami energie a indexu klíčení, avšak hloubka posklizňového dozrávání není dána zřejmě pouze aktivitou giberelinů (Corbineau, Côme, 1996), ale i obsahem a aktivitou ostatních látek hormonálního charakteru a též senzitivitou buněk k fytohormonům (Trewavas, 1982).

Studie byla financována GA ČR (registrační číslo grantu 501/93/0828).

## LITERATURA

- BROOKES, P. A. – MARTIN, P. A.: The determination and utilization of gibberellic acid in germinating barley. *J. Inst. Brew.*, 81, 1975: 357–363.
- CORBINEAU, F. – CÔME, D.: Barley seed dormancy. *Bios, Boissons Conditionnement*, 261, 1996: 113–119.
- DUNDELOVÁ, M. – PROCHÁZKA, S.: Hladina indolyl-3-octové kyseliny v obilkách pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) a ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.). *Rostl. Výr.*, 35, 1989 (4): 381–386.
- FRANKLAND, B. – WAREING, P. F.: Effect of gibberellic acid on hypocotyl growth of lettuce seedlings. *Nature*, 185, 1960: 255–256.
- GOLDBACH, H.: The abscisic acid content of ripening grains of various barley cultivars in relation to temperature and N-nutrition. Hohenheim, Stuttgart, Thesis, Univ. 1975.
- HRADILÍK, J.: Vliv exogenní kyseliny giberelové (GA<sub>3</sub>) na prodlužování hypokotylů některých sort salátu (*Lactuca sativa* L.). *Acta Univ. Agric. (Brno), Fac. Agron.*, 25, 1977: 3–9.
- HUDEOVÁ, M.: Příspěvek ke studiu dormance a růstových korelací u ječmene (*Hordeum vulgare*). Brno, KDP 1978.
- HUDEOVÁ, M. – PSOTA, V. – VÍTKOVÁ, H.: Changes in the activity of gibberellins and  $\alpha$ -amylase during post-harvest maturation of grains of spring barley. *Rostl. Výr.*, 42, 1996 (3): 101–104.
- MOUNLA, M. A. K. – MICHAEL, G.: Gibberellin-like substances in developing barley grain and their relation to dry weight increase. *Physiol. Plant.*, 29, 1973: 274–276.
- PROCHÁZKA, S. – BLAŽKOVÁ, J. – DUNDELOVÁ, M.: Aktivita giberelinů v období tvorby obiliek u ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.). *Rostl. Výr.*, 28, 1982 (4): 439–443.
- RIIS, P. – BANG-OLSEN, K.: High vigour – the basis for high malting barley quality. *Proc. Eur. Brew. Congr. Lisbon*, 1991: 101–108.
- TREWAVAS, A. J.: Growth substance sensitivity: the limiting factor in plant development. *Physiol. Plant.*, 55, 1982: 60–72.
- WHEELER, A. W.: Changes in growth substance content during growth of wheat grains. *Ann. Appl. Biol.*, 72, 1972: 327–333.

Došlo 20. 11. 1996

## Kontaktní adresa:

RNDr. Marie Hudeová, CSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 30 18, fax: 05/45 13 20 07

## INZERCE

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

Bližší informace získáte na adrese:

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

## ADVERTISEMENT

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

For more detailed information, please contact:

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

# THE EFFECT OF ABSCISIC ACID, BENZYLADENINE AND SUCROSE ON GROWTH OF COTYLEDONARY AXILLARIES IN FLAX SEEDLINGS (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

VLIV KYSELINY ABSCISOVÉ, BENZYLADENINU A SACHARÓZY NA RŮST DĚLOŽNÍCH PUPENŮ U KLÍČNÍCH ROSTLIN LNU (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

S. Procházka, V. Borkovec, M. E.-D. Ibrahim, J. Blažková

*Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The effect of abscisic acid (ABA), benzyladenine (BA) and sucrose transported from the roots or cotyledons was studied with regard to the relationship between the outgrowth of cotyledonary axillary buds. After decapitation of the apex and excision of one flax seedling cotyledon, the remaining cotyledon stimulated the growth of axillary bud, while the outgrowth of the bud on the side of the excised cotyledon was inhibited. Both cotylars functioned as the sites of accumulation of nutritive (sucrose) and regulative (ABA, BA) substances. Sucrose applied to the roots was intensively transported and the growth of both cotylars was stimulated despite the regulative role of cotyledon. ABA applied to the roots and/or cotyledon was accumulated in the growing and also the inhibited cotylar, however, the growth of cotylary buds was not stimulated. BA transported from roots into both cotylars stimulated their growth. ABA stimulated transport of sucrose from cotyledons into growing cotylars. Transport and distribution of studied phytohormones and sucrose were affected by the site of their application and, to a certain degree, it also affected their growth regulative effects.

flax seedlings;  $^{14}\text{C}$ -abscisic acid;  $^{14}\text{C}$ -benzyladenine;  $^{14}\text{C}$ -sucrose; root-shoot transport; outgrowth of axillary buds

**ABSTRAKT:** U klíčnicích rostlin lnu byl studován vliv kyseliny abscisové (ABA), benzyladeninu (BA) a sacharózy transportovaných z kořenů nebo děloh na růst děložních axilárních pupenů. Po dekapitaci apexu a odstranění jedné z děloh klíčnicích rostlin lnu stimulovala zbývající děloha růst úžlabního pupenu, zatímco pupen na straně odstraněné dělohy byl v růstu inhibován. Oba kotylary byly místy akumulace látek nutriční (sacharóza) i regulační (ABA, BA) povahy. Sacharóza aplikovaná ke kořenům byla intenzivně transportována a růst obou kotylárů byl stimulován bez ohledu na regulační úlohu dělohy. ABA aplikovaná ke kořenům i na dělohu se akumulovala v rostoucích i inhibovaných kotylárech, růst kotylárních pupenů však nestimulovala. BA transportovaný z kořenů do obou kotylárů stimuloval jejich růst. ABA stimulovala transport sacharózy z děloh do rostoucích kotylárů. Transport a distribuce sledovaných fytohormonů a sacharózy byly ovlivněny místem aplikace (kořeny, dělohy), což do jisté míry ovlivnilo i jejich růstové regulační účinky.

klíčnicí rostliny lnu;  $^{14}\text{C}$ -kyselina abscisová;  $^{14}\text{C}$ -benzyladenin;  $^{14}\text{C}$ -sacharóza; transport kořen-stonek; růst úžlabních pupenů

## INTRODUCTION

In contrast to hypogeic pea cotyledons which inhibit the growth of their buds (Dostál, 1959), the epigeic cotyledons of flax promote the growth of their buds. This stimulating effect does not begin to decline until after 4 to 7 days. Within 12 hours after amputation of one cotyledon, an increased level of endogenous gibberellins and cytokinins in buds can be observed, even though no detectable growth changes occur (Šebánek et al., 1980).

Inhibition or stimulation of bud outgrowth is explained on the basis of hormonal balance, or interac-

tions between phytohormones, especially between auxins and cytokinins (Cline, 1991). However, almost all known phytohormones (auxins, cytokinins, gibberellins, ethylene, ABA) are, to some degree, involved in bud growth regulation, but their interactions are not completely understood yet (Tamas, 1995). Cytokinins play a key role in the initiation of bud growth, while gibberellins stimulate the bud growth during the release from inhibition (Procházka, Jacobs, 1984).

The aim of this work was to compare the transport of substances of regulative (BA, ABA) and nutritive (sucrose) nature from the roots or cotyledons with re-

gard to the outgrowth of cotyledonary buds in flax seedlings.

## MATERIAL AND METHODS

21-days old flax seedlings planted in vessels (100 ml volume) with Richter's solution under 12 hours photoperiod, were used in experiments. Plants were decapitated just above cotyledons, one cotyledon was removed and plants were transferred to another vessel (100 ml volume), where roots were immersed into  $^{14}\text{C}$ -labelled solutions.  $^{14}\text{C}$ -sucrose, (UVVVR, Czech Republic), specific activity  $12 \text{ TBq} \cdot \text{M}^{-1}$  was diluted with distilled water, so that concentration of solution was  $1.10^{-7} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$  and radioactivity of solution was  $120 \text{ KBq} \cdot \text{l}^{-1}$ .  $^{14}\text{C}$ -ABA (Amersham, UK), specific activity  $6.62 \cdot 10^2 \text{ GBq} \cdot \text{M}^{-1}$ , was diluted with distilled water, so that concentration of solution was  $1.05 \cdot 10^{-6} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$  and radioactivity  $6.96 \cdot 10^2 \text{ MBq} \cdot \text{l}^{-1}$ .  $^{14}\text{C}$ -BA, (Amersham, UK), specific activity  $2.11 \text{ GBq} \cdot \text{M}^{-1}$  was diluted with distilled water to the concentration of  $1.10^{-5} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$  and radioactivity  $0.99 \text{ MBq} \cdot \text{l}^{-1}$ . In the study of  $^{14}\text{C}$ -sucrose and  $^{14}\text{C}$ -ABA transport from cotyledons, labelled solutions were applied in form of 2  $\mu\text{l}$  drops. After 24 hours of uptake, plants were transferred back to Richter's nutrient solution and cultivated for another 72 hours under continuous light.

After the transport period (i.e. 24 + 72 hours), plants were divided into parts (roots, epicotyls, hypocotyls, cotyledons, growing buds, inhibited buds). Six plants were pooled into one sample, their fresh mass was determined and they were dried to a constant mass. Samples were combusted under a flow of oxygen and  $^{14}\text{C}$ -activity was measured using the method of liquid scintillation (Kala, Peška, 1980). Thirty plants (five samples) were used for experiments and experiments were repeated three times. From obtained values, the mean and standard deviation were calculated.

## RESULTS

The fresh mass of buds (Tab. I), the transport and distribution of  $^{14}\text{C}$ -sucrose,  $^{14}\text{C}$ -BA and  $^{14}\text{C}$ -ABA from roots or cotyledons into the remaining parts of the flax seedlings (Tabs II to V) were determined after their decapitation and excision of one cotyledon.

$^{14}\text{C}$ -sucrose (Tab. II) was relatively intensively transported from the roots into all the aboveground parts of the seedlings. High radioactivity was found in the growing bud, but when calculated to the fresh mass (Fig. 1) it was the inhibited bud that became the site of a strong accumulation of sucrose. When the found values of fresh mass of buds were compared with the

I. The fresh mass of growing and inhibited buds of flax seedlings after different treatments (transport period 24 + 72 hours)

Treatment	Fresh mass (g)	
	growing bud	inhibited bud
Control	0.026	0.008
$^{14}\text{C}$ -sucrose root application $1.10^{-7} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.065	0.017
$^{14}\text{C}$ -sucrose root application $1.10^{-2} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.045	0.012
$^{14}\text{C}$ -ABA cotyledon application $2.1 \cdot 10^{-2} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.030	0.009
$^{14}\text{C}$ -ABA root application $1.05 \cdot 10^{-6} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.026	0.009
$^{14}\text{C}$ -BA root application $1.10^{-7} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.050	0.020
$^{14}\text{C}$ -BA root application $1.10^{-5} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.040	0.010
$^{14}\text{C}$ -sucrose cotyledon application $3.5 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.037	0.009
$^{14}\text{C}$ -sucrose cotyledon application $3.5 \cdot 10^{-5} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$ + ABA $1.10^{-2} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$	0.042	0.014

II. Distribution of root applied  $^{14}\text{C}$ -sucrose (Bq) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)

Part of plant	Root application of $^{14}\text{C}$ -sucrose ( $1.10^{-7} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$ )				Root application of $^{14}\text{C}$ -sucrose ( $1.10^{-2} \text{ M} \cdot \text{l}^{-1}$ )			
	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass
	$\bar{x}$	$S_x$	%	g	$\bar{x}$	$S_x$	%	g
Cotyledon	26.46	1.5	0.64	0.137	24.90	0.9	2.55	0.110
Growing bud	38.72	5.2	0.94	0.065	26.43	1.7	2.71	0.045
Inhibited bud	26.03	1.2	0.63	0.017	20.10	1.5	2.06	0.012
Epicotyl	15.14	1.1	0.37	0.023	11.20	1.0	1.16	0.017
Hypocotyl	268.90	15.7	6.52	0.150	174.80	7.7	17.93	0.130
Roots	3 748.80	1.3	90.90	0.371	717.40	1.4	73.99	0.357
Total	4 124.05		100		974.83		100	

III. Distribution of root or cotyledon applied  $^{14}\text{C}$ -ABA (Bq) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)

Part of plant	Root application of $^{14}\text{C}$ -ABA ( $2.1 \cdot 10^{-2} \text{ M.l}^{-1}$ )				Cotyledon application of $^{14}\text{C}$ -ABA ( $1.05 \cdot 10^{-6} \text{ M.l}^{-1}$ )			
	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass
	$\bar{x}$	$S_x$	%	g	$\bar{x}$	$S_x$	%	g
Cotyledon	78.70	3.5	12.00	0.100	4 427.80	2.7	64.21	0.096
Growing bud	29.20	1.0	4.40	0.030	999.11	2.6	14.49	0.026
Inhibited bud	15.78	0.8	2.40	0.009	284.20	12.6	4.12	0.009
Epicotyl	14.65	1.7	2.23	0.015	129.03	7.2	1.87	0.012
Hypocotyl	116.2	5.6	17.65	0.120	440.50	14.9	6.39	0.110
Roots	403.60	7.1	61.32	0.330	615.08	25.7	8.92	0.340
Total	658.13		100		895.72		100	

IV. Distribution of root applied  $^{14}\text{C}$ -BA (Bq) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)

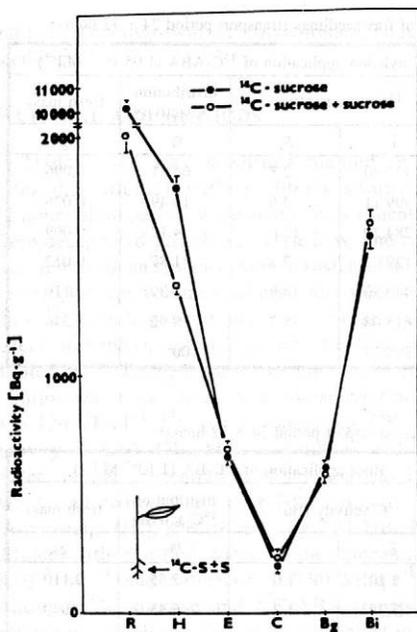
Part of plant	Root application of $^{14}\text{C}$ -BA ( $1.10^{-7} \text{ M.l}^{-1}$ )				Root application of $^{14}\text{C}$ -BA ( $1.10^{-5} \text{ M.l}^{-1}$ )			
	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass
	$\bar{x}$	$S_x$	%	g	$\bar{x}$	$S_x$	%	g
Cotyledon	13.90	1.0	11.83	0.120	9.10	1.0	7.55	0.110
Growing bud	11.60	1.5	9.88	0.050	7.78	1.3	6.45	0.040
Inhibited bud	5.50	0.4	4.68	0.020	4.07	0.3	3.38	0.010
Epicotyl	4.07	0.7	3.47	0.017	2.40	0.3	1.99	0.010
Hypocotyl	16.60	1.4	14.13	0.120	11.40	1.5	9.46	0.120
Roots	65.80	3.2	56.01	0.240	85.80	5.2	71.17	0.290
Total	4 124.05		100		974.83		100	

V. The effect of ABA on the transport of  $^{14}\text{C}$ -sucrose (Bq) applied to the cotyledon of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)

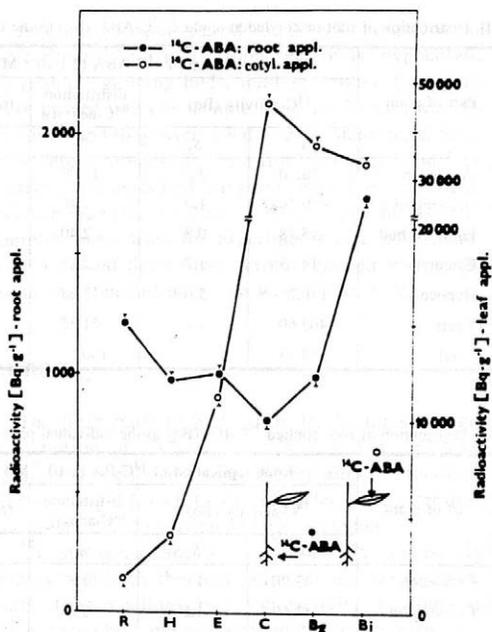
Part of plant	Cotyledon application of $^{14}\text{C}$ -sucrose ( $3.5 \cdot 10^{-7} \text{ M.l}^{-1}$ )				Cotyledon application of $^{14}\text{C}$ -sucrose ( $3.5 \cdot 10^{-5} \text{ M.l}^{-1}$ ) + ABA ( $1.10^{-2} \text{ M.l}^{-1}$ )			
	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass	$^{14}\text{C}$ -activity (Bq)		distribution $^{14}\text{C}$ -activity	fresh mass
	$\bar{x}$	$S_x$	%	g	$\bar{x}$	$S_x$	%	g
Cotyledon	1 990.30	6.8	69.30	0.140	2 060.0	2.1	60.52	0.100
Growing bud	245.30	10.9	8.54	0.037	737.7	3.8	21.67	0.042
Inhibited bud	51.30	3.5	1.79	0.009	76.3	3.8	2.24	0.014
Epicotyl	37.44	2.5	1.30	0.018	43.7	4.2	1.28	0.014
Hypocotyl	123.60	5.5	4.30	0.128	92.8	7.5	2.73	0.110
Roots	424.30	13.7	14.77	0.360	393.6	13.8	11.56	0.320
Total	2 872.04		100		3 404.1		100	

untreated control variant (Tab. I), where the mass of the growing bud was 26 mg and the mass of the inhibited bud was 8 mg, it was evident that sucrose significantly stimulated the growth of both buds. However, the stimulating effect of the epigeic cotyledon was not affected and the fresh mass of the inhibited bud was approximately 25% of the biomass of the growing bud. The distribution pattern of  $^{14}\text{C}$ -activity after the application of  $^{14}\text{C}$ -sucrose in both concentrations was nearly the same.

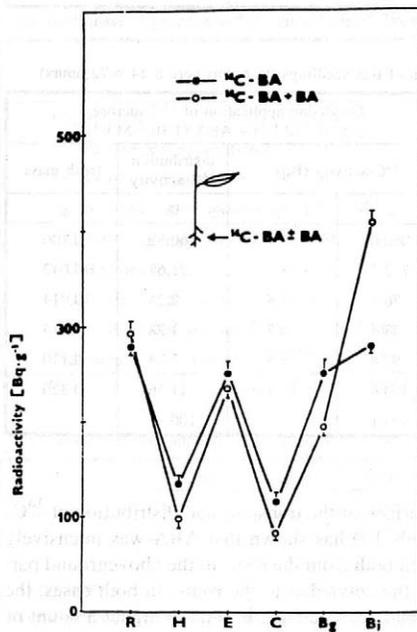
Comparison of the transport and distribution of  $^{14}\text{C}$ -ABA (Tab. III) has shown that ABA was intensively transported both from the roots to the aboveground part and from the cotyledon to the roots. In both cases, the growing bud accumulated, in total, a higher amount of  $^{14}\text{C}$ -activity, however, when calculated to the fresh mass (Fig. 2),  $^{14}\text{C}$ -activity transported from the roots was considerably higher in the inhibited bud. When  $^{14}\text{C}$ -ABA was applied to the cotyledon, this calculated radioactivity was approximately the same in both buds.



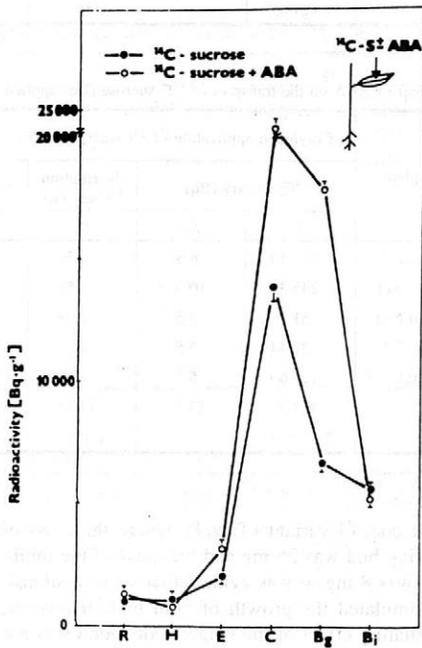
1. Distribution of root applied  $^{14}\text{C}$ -sucrose ( $\text{Bq.g}^{-1}$ ) ( $1.10^{-7}$  and  $1.10^{-2}$   $\text{M.l}^{-1}$ ) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)



2. Distribution of root or cotyledon applied  $^{14}\text{C}$ -ABA ( $\text{Bq.g}^{-1}$ ) ( $1.05.10^{-6}$   $\text{M.l}^{-1}$  or  $2.1.10^{-2}$   $\text{M.l}^{-1}$ ) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)



3. Distribution of root applied  $^{14}\text{C}$ -BA ( $\text{Bq.g}^{-1}$ ) ( $1.10^{-7}$  and  $1.10^{-5}$   $\text{M.l}^{-1}$ ) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)



4. The effect of ABA ( $1.10^{-2}$   $\text{M.l}^{-1}$ ) on the transport of cotyledon applied  $^{14}\text{C}$ -sucrose ( $\text{Bq.g}^{-1}$ ) ( $3.5.10^{-3}$   $\text{M.l}^{-1}$ ) to the individual parts of flax seedlings (transport period 24 + 72 hours)

Explanations to Figs 1 to 4:

R - roots, H - hypocotyl, E - epicotyl, C - cotyledon, B<sub>g</sub> - growing bud, B<sub>i</sub> - inhibited bud

The fresh mass of the buds did not significantly differ from the control plants (Tab. I).

When applying a lower concentration of  $^{14}\text{C}$ -BA to the root system (Tab. I), the biomass of both buds was considerably affected, while a higher concentration of  $^{14}\text{C}$ -BA increased the mass of only the growing bud. The  $^{14}\text{C}$ -activity was found to be higher in growing buds (Tab. IV). However, when calculated to fresh mass of the bud, the  $^{14}\text{C}$ -activity was significantly higher in the inhibited bud (Fig. 3). The distribution pattern of  $^{14}\text{C}$ -activity was not affected by applied concentration of BA.

If  $^{14}\text{C}$ -sucrose was applied to the remaining cotyledon and its transport to the other tissues was studied together with ABA (Tab. V),  $^{14}\text{C}$ -sucrose was found to be transported mainly to the growing bud and to the root system. The growing bud became the main sink for the transported labelled sucrose even when the  $^{14}\text{C}$ -activity was calculated to the fresh mass of the bud (Fig. 4). Sucrose applied to the cotyledon stimulated the growth of its growing bud (Tab. I).

## DISCUSSION

After decapitation of the apex and excision of one cotyledon epigeic cotyledon of flax seedlings stimulates the growth of its buds, while the bud growth on the side of the excised cotyledon is inhibited (Dostál, 1959).

When sucrose was applied to the roots, then it was intensively translocated and the growth of the cotylars was stimulated regardless of the regulative effects of the cotyledon, what means that the stimulating effect of the cotyledon on the buds was not influenced by sucrose application.

Comparison of transport and distribution of  $^{14}\text{C}$ -ABA after application to the roots or to the remaining cotyledon showed that ABA can relatively easily move through the flax seedlings, probably through the xylem (after application to the roots), and probably through the phloem (after application to the cotyledon), what corresponds with the generally accepted ways of ABA transport (Walton, 1980; Walton, Li, 1995). Important is the finding that when applied to the roots,  $^{14}\text{C}$ -ABA intensively accumulated in the inhibited bud, while in the case of application to the cotyledon, the specific  $^{14}\text{C}$ -activity was similar in both buds. This indicated that in flax plants, ABA synthesized in roots could contribute to the correlative inhibition of this bud.

After the application of two different concentrations of BA to the roots, the transport of  $^{14}\text{C}$ -BA to the both buds was very intensive. However, the effect of BA on the fresh mass of growing bud was more pronounced. The lower concentration was obviously more effective for the growth of buds. From this data we can conclude that cytokinins synthesized in flax roots could affect the growth of lateral buds in the same way as in pea

seedlings (e.g. Procházka, Jacobs, 1984). It is questionable whether the cytokinins synthesized in the roots, or those synthesized in the epigeic cotyledons as one of the further possible sites of biosynthesis of cytokinins, play the role of the primary correlative signal (Šebánek et al., 1980). Our former experiments (Procházka, Jacobs, 1984; Procházka, Blažková, 1986) have shown that the decisive changes take place in the buds, not hours but probably only minutes after the decapitation. Most important for the release of buds from inhibition will apparently be the immediate presence of substances which could contribute to this process. If the cytokinins were to play this role, it would mean that especially their level in the epigeic cotyledons would be decisive.

The simultaneous application of ABA and  $^{14}\text{C}$ -sucrose to the cotyledon led to an intensive stimulation of transport to the growing bud. This could mean that, at the given concentration, ABA is not only incapable of inducing inhibition of the bud in the site of its direct application, but it stimulates the transport of  $^{14}\text{C}$ -sucrose to the bud released from inhibition by decapitation of the apex. This finding is in accordance with some of the experiments (Tanner, 1980) where the stimulating effect of ABA on the transport of sucrose to the site of intensive growth was also found.

Transport and distribution of phytohormones and sucrose were affected by the site of their application (roots, cotyledons) and to a certain degree it also affected their growth regulative effects. We can conclude that ABA synthesized in the cotyledon and transported through the phloem will probably affect the growth of buds in a different way than ABA synthesized in the roots and probably transported mainly through the xylem.

This study was supported by the grant GA ČR 96/K188.

## REFERENCES

- CLINE, M. G.: Apical dominance. *Bot. Rev.*, 57, 1991: 318–346.
- DOSTÁL, R.: Integration of plant. Praha, SZN 1959. (In Czech.)
- KALA, A. – PEŠKA, J.: Preparation of plant material for measuring  $^{14}\text{C}$  and  $^3\text{H}$  activities by liquid scintillation. In: PEŠKA, J. (ed.): Utilization of nuclear methods and ionizing radiation in genetics, plant breeding and physiology. Brno, Univ. Agric. 1980: 167–169.
- PROCHÁZKA, S. – BLAŽKOVÁ, J.: Role of cytokinins and gibberellins in apical dominance of pea (*Pisum sativum*) and flax (*Linum usitatissimum*) seedlings. In: PEŠKA, J. (ed.): Utilization of nuclear methods and ionizing radiation in genetics, plant breeding and physiology. Brno, Univ. Agric. 1986: 94–99.
- PROCHÁZKA, S. – JACOBS, W. P.: Role of growth regulators in relation to correlation between cotyledon and its

axillary bud in pea seedlings. *Pl. Physiol.*, **76**, 1984: 224–227.

ŠEBÁNEK, J. – MINH TAN, H. – BLAŽKOVÁ, J.: The role of endogenous cytokinins in correlation between cotyledon and its axillary bud and in hypocotyl regeneration of flax. *Biol. Plant.*, **22**, 1980: 434–437.

TAMAS, I. A.: Hormonal regulation of apical dominance. In: DAVIES, J. P. (ed.): *Plant hormones*. London, Kluwer Acad. Publ. 1995: 572–597.

TANNER, W.: On the possible role of ABA in phloem unloading. *Ber. Dtsch. Bot. Gesell.*, **93**, 1980: 349–351.

WALTON, D. C.: Biochemistry and physiology of abscisic acid. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, **37**, 1980: 453–489.

WALTON, D. C. – LI, Y.: Abscisic acid biosynthesis and metabolism. In: DAVIES, J. P. (ed.): *Plant hormones*. London, Kluwer Acad. Publ. 1995: 140–157.

Received on December 18, 1996

**Contact Address:**

Prof. Ing. Stanislav Procházk a, DrSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 60 70, fax: 05/45 13 20 07

## POKyny PRO AUTORY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## OBSAH – CONTENTS

Nátr L.: Annual course of simulated rate of photosynthesis under natural conditions – Simulace ročního průběhu rychlosti fotosyntézy v přirozených podmínkách .....	205
Kummerová M., Slovák L., Holoubek, I.: Růstová odezva jarního ječmene na krátkodobou i dlouhodobou expozici fluoranthenu – Growth response of spring barley to short- or long-period exposures to fluoranthene .....	209
Prášilová P., Prášil I., Malířová J.: Vliv imisí na odolnost a přezimování obilnin v severních Čechách – The effect of immissions on resistance and wintering of cereals in North Bohemia .....	217
Brestič M., Banič V.: Heterogenita produkčních schopností různých genotypov sóje – Heterogeneity of production abilities of selected soybean genotypes .....	225
Vlašínová H., Havel L., Procházka S.: Influence of humic substances on <i>in vitro</i> cultures under nitrogen deficiency – Vliv huminových látek na kultury <i>in vitro</i> za sníženého obsahu dusíku .....	231
Hudeová M., Psota V., Vítková H.: Aktivita giberelinů v obilkách jarního ječmene ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) v průběhu posklizňového dozrávání – Activity of gibberellins in caryopses of spring barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) during post harvest maturation .....	237
Procházka S., Borkovec V., Ibrahim M. E.-D., Blažková J.: The effect of abscisic acid, benzyladenine and sucrose on growth of cotyledonary axillaries in flax seedlings ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) – Vliv kyseliny abscisové, benzyladeninu a sacharózy na růst děložních pupenů u klíčících rostlin lnu ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) .....	243