

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

# ROSTLINNÁ VÝROBA

## Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

# 12

VOLUME 42 (LXIX)  
PRAHA  
PROSINEC 1996  
CS ISSN 0370-663X

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

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

### Redakční rada – Editorial Board

#### Předseda – Chairman

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

#### Členové – Members

Doc. Ing. Pavol Bajči, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)  
 Prof. Dr. Márta Birkás (Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, Hungária)  
 Doc. Ing. Jozef Ciglar, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)  
 Ing. Helena Donátová, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)  
 Prof. Ing. Václav Fric, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)  
 Ing. Norbert Gáborčík, CSc. (Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva, Banská Bystrica, SR)  
 Ing. Bohdan Juráni, CSc. (Univerzita Komenského, Bratislava, SR)  
 Prof. Dr. Günter Kahnt (Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, Stuttgart, BRD)  
 Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)  
 Ing. Ladislav Lorenčík, DrSc. (Oblasťný výskumný ústav agroekológie, Michalovce, SR)  
 Prof. Ing. Lubomír Minx, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)  
 Ing. Timotej Mištin, CSc. (Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, SR)  
 Dr. Peter Newbould (The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland, UK)  
 Ir. Cees van Owerkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gn, Nederland)  
 Ing. Jaromír Procházka, CSc. (Výzkumný ústav pícninářský, Troubsko u Brna, ČR)  
 Prof. Ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)  
 Doc. Ing. Vlastimil Rasocha, CSc. (Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, ČR)  
 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)  
 Doc. Ing. Miron Suškevich, DrSc. (Odborné poradenství a konzultace, Troubsko u Brna, ČR)  
 Prof. Ing. Václav Vaněk, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)  
 Ing. Marie Váňová, CSc. (Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, ČR)  
 Prof. Ing. Karel Voříšek, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)  
 Doc. Ing. František Vrkoč, DrSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, ČR)  
 Prof. Dr. hab. Kazimiera Zawisłak (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 zahrnuty v těchto databázích: *Agricola*, *Agris*, *CAB Abstracts*, *Current Contents on Diskette – Agriculture, Biology and Environmental Sciences*, *Czech Agricultural Bibliography*, *Toxline Plus*, *WLAS*.

**Periodicita:** Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 42 vychází v roce 1996.

**Přijímání rukopisů:** Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

**Informace o předplatném:** Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1996 je 588 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 42 appearing in 1996.

**Acceptance of manuscripts:** Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90, 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 1996 is 148 USD (Europe), 154 USD (overseas).

# THE DATABASE OF SOIL INFORMATION SYSTEM – PUGIS

## DATABÁZE PŮDNÍHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU – PUGIS

J. Kozák, J. Němeček, M. Jetmar

*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The geographical information system of soils (PUGIS) is being developed. This paper concentrates in detail only on the analytical and descriptive pedon database. The special software for data digitalisation was developed, which is based on user defined hypertext. The developed software makes it possible for user to have a dynamic and flexible access to the digitised data. The list of data and of the methods of its acquisition available in PUGIS is described in details. The described software was tested by digitising of a large set of data on special soil pits, collected during the systematic soil survey of the Czech Republic (historical data) and on the actual data collected on selected soil pits recently. The system proved to be fully suitable for that purpose and for introduction of digitised soil data into GIS (ARC/INFO).

GIS; soil database; pedon database

**ABSTRAKT:** Je vyvíjen geografický informační systém (PUGIS). Příspěvek je detailně zaměřen na analytickou a popisnou databázi pedonů. Byl vytvořen speciální prostředek pro vkládání dat (s pomocí profesionální softwarové firmy Janiga laboratories), založený na principu uživatelsky definovaného hypertextu. Ten umožňuje flexibilní a dynamický pohled na pořizovaná data. Detailně je popsán přehled dat a metod pro jejich získání, dostupný v popsané databázi. Systém byl testován digitalizací velkého souboru dat ze speciálních sond Komplexního průzkumu půd ČR (historická data) a souboru dat, získaných v poslední době (aktuální data). Systém se pro zmíněné účely plně osvědčil a ukázal se jako vhodný pro převod digitalizovaných dat do geografického informačního systému (ARC/INFO).

GIS; půdní databáze; databáze pedonů

### INTRODUCTION

Soil information systems developed quickly within the last 30 years. The development till the end of the eighties was described by Němeček (1981) and Linkeš (1987).

In present time soil geographic information systems are being established. They link the areal information concerning the soil cover (soil maps) to pedon profile data (or the most active horizons). The mentioned information are obtained from soil surveys, inventories and monitoring programmes. Apart from soil information they comprise also areal and numeric data about soil environment and activities leading to both amelioration and loading or deterioration of soils. Such information systems involve also models and criteria of soil evaluation what concerns the productivity (MARS) and environmental functions (vulnerability, loads, degradation, pollution) of soils (King et al., 1995).

Highly sophisticated national GIS are established or being developed in Germany (Oelkers, Ekelmann, 1993) and in the countries where the prevailing part is covered by surveys (USA, Canada – Reybold, Teselle, 1989; European countries – Váralay, 1995). International Geographic Information Systems are be-

ing introduced at present time. SOTER (soil and terrain) system which stresses the geomorphology, has been proposed by ISRIC (1993) and used especially in developing countries (scale 1 : 1 mil). SOM (special organisation model of soils) is being used in European co-operation for scales 1 : 1 mil – 1 : 250 000. The more attention will be paid to the GISs as a whole in the next contribution.

This paper is dealing in detail only with the analytical and descriptive pedon database. From the viewpoint of international co-operation in Europe a pedon database has been proposed (Breuning et al., 1995), which comprises three levels. They reflect the information details concerning dominant typological soil units, subdominants, accessories, parent materials and factors of the soil environment. A set of characteristics, representing the generally used properties and features estimated in soil surveys was chosen for the first period. They involve: generalised profiles, concrete profiles. We used (Němeček et al., 1995) an expanded set of soil characteristics, which were statistically processed, for the mentioned co-operation.

The design of our PUGIS – soil information system includes the areal and pedon components linked to soil quality and behaviour interpretations for soil degrada-

tion – pollution and productivity estimation and modelling. In general, the complete soil GIS should include:

- digitised information from soil and environmental maps (reference based on the GIS), especially geomorphology and slopes
- soil characteristics (profile data, data from inventoring research)
- extrinsic environmental characteristics
- data from monitoring of research fields
- soil exploitation, production, degradation, contamination etc.
- attributes of heterogeneity of the soil cover
- criteria of data evaluation
- pedotransfer models
- models of transformation and models of transport and pollutant transfer processes between soil and hydrosphere, biosphere, atmosphere and food chain
- information about natural and anthropic factors, environmental loads

For the establishment of our own Czech pedon database we used the procedure described in the contribution.

## METHODS

The project of data acquisition and its organisation was based on the following facts: the collected data will be both historical and actual, its structure will be very heterogeneous, the time-sequence of data is expected and the expected extend of the data set will be of the order of hundreds thousand of individual values. The scheme of data acquisition and processing is displayed in Fig. 1.

## RESULTS AND DISCUSSION

As it is apparent from the aforesaid reasons, the exploitation of commercially available databases was not possible. The special software for data digitalisation was developed (Janiga laboratories), which was based on user defined hypertext. The developed software makes it possible for user to have a dynamic and flexible access to the digitised data. The operator can thus dynamically introduce on the screen only such scheme of data, in which he is interested in. The data are introduced into the system by combination of different methods. For the input of actual data the Transform and Form software are used. They are suggested for the repeated input of data measured on the sample of geographical points. Both the analytical and topological data are introduced into the GIS system (ARC-INFO) by mean of specially developed software (FORMARCIN and TOPARCIN respectively). The software, supporting PUGIS is apparent from Fig. 2. The scheme of PUGIS database structure is given in Fig. 3.

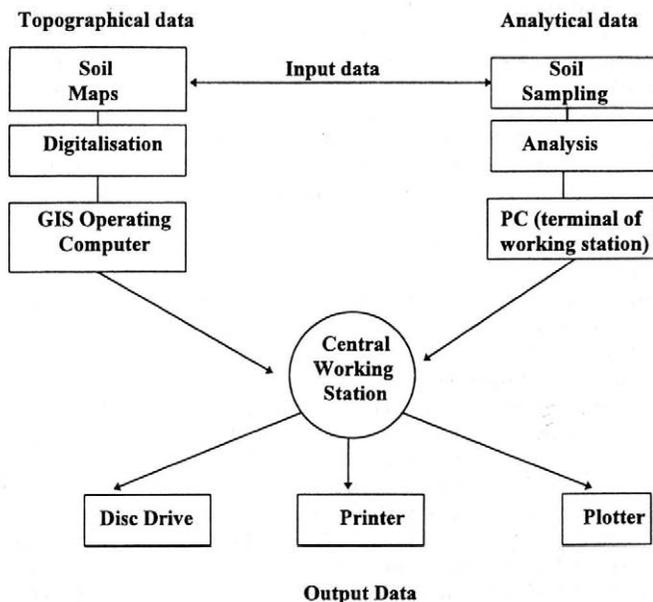
The complete structure of the database of PUGIS is given in the following text. W stands for words, C for codes and N for numeric. The size of data sets, available in Czech Republic are also given.

### 1. CLASSIFICATION – LOCATION – EXTRINSIC FACTORS

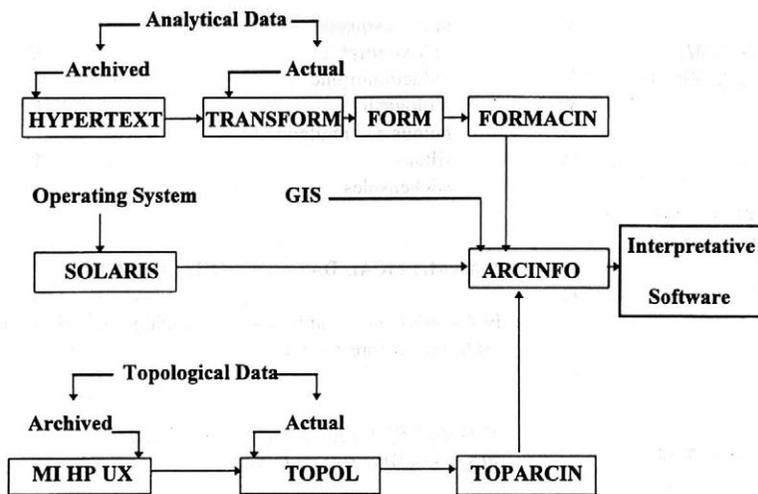
#### SOIL CLASSIFICATION

standardised CR

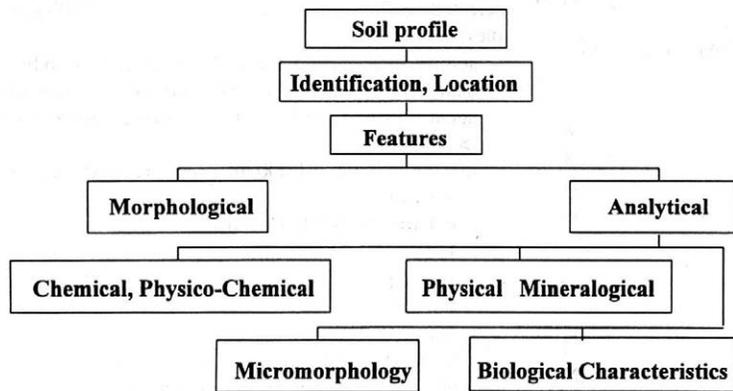
great soil group (= genetic soil type) :W



1. Scheme of data acquisition and processing



2. Scheme of software supporting PUGIS (the core of PUGIS is represented by pedon database; the structure of this database is given in Fig. 3)



3. Scheme of PUGIS database structure

subgroup (= genetic subtype)	:W	SOIL PROFILE DESIGNATION	:C
variety	:W		
parent material	:W	<i>LOCATION</i>	
particle size class (profile)	:W	parish, township, cadaster	:W-C
substratum stratification	:W	district	:W-C
depth (to bedrock or stony layer)	:C	latitude	:N
degree of erosion, accumulation	:W	longitude	:N
horizons sequence	:C	elevation m a. s. l.	:N
agricultural production type	:C	<i>CLIMATE</i>	
soil-ecological unit (for soil rating)	:C	climatic district (Climatic Atlas ČSR)	:C
productivity rating	:C	(Kurpelová, 1975)	:C
principal limiting factors	:C	(for productivity rating)	:C
genetic soil unit (systematic soil survey 1967)	:W	soil hydrothermic regime (Soil Taxonomy)	:W
dominant of map unit (soil map 1 : 200 000)	:C	annual precipitation mm	:N
reference classification		mean annual temperature °C	:N
FAO	:W	evapotranspiration mm (Tomlain)	:N
Soil Taxonomy (subgroup)	:W	<i>LANDSCAPE SURFACE</i>	
(family)	:W	slope gradient °	:C
Référentiel pédologique	:W	slope length m	:C
		surface configuration	:C
		landscape position	:C
		nanorelief	:C

geographic region	:W
<b>PARENT MATERIAL (SUBSTRATUM)</b>	
more specified class than in classification	:W
mineralogical class	:W
skellet origin	:W
rock fragments on the surface	:W
<b>HYDROMORPHY</b>	
depth of slight gleyic features (1–2 class) cm	:N
depth of strong gleyic features (3–5 class) cm	:N
anthropogenic influence	:C
internal drainage class	:C
<b>LAND USE, VEGETATION</b>	
class	:C
reclamation	:C

## 2. MORPHOLOGICAL FEATURES IN SOIL HORIZONS

In 4–5 master horizons, standardised for each great soil group (+ horizon O in forest soils)

### PRINCIPAL IDENTIFICATION DATA FOR SOIL HORIZONS

horizon designation (symbol)	:C
diagnostic horizon	:W
depth in cm – lower limit	:N
thickness cm	:N
sampling depth	:C
boundaries of horizons	:C

### MORPHOLOGICAL FEATURES

<b>COLOUR (moist)</b>	
dominant or uniform colour	
hue	:N
value	:N
chroma	:N
second (contrasting) colour	
hue	:N
value	:N
chroma	:N
mottles quantity	:C
association of colours with special features	:C
contrasting	:C

### STRUCTURE (PEDALITY)

grade (distinctness)	:C
shape and size	:C

### TEXTURE

in terms of < 0.01 mm fraction	:C
textural triangle (SCS USDA)	:C

### STONINESS

content	:C
size	:C
shape	:C
petrology	:W

### CONSISTENCE

strength, plasticity, stickiness and fluidity in relation to four soil-water states	:C
---	----

### NEOFORMATIONS

CaCO <sub>3</sub>	:C
argillans	:C

humusesquans	:C
redoximorphic	:C
reductomorphic	:C
biological	:C
humus accumulations	:C
siltans	:C
slickensides	:C

## 3. ANALYTICAL DATA OF SOIL HORIZONS

In 4–5 horizons, standardised for each great soil group (+O<sub>h</sub> +O<sub>f</sub> in forest soils)

### a) SOIL PROFILES WITH ELEMENTARY STANDARDISED ANALYSES

ca 30 000 soil profiles (135 000 samples) in the CR selected profiles in district reports: 2 500 (12 000 samples)

- soil texture: pipette method, dispersing in sodium hexametaphosphate + sodium carbonate, dispersing agent: soil 1 : 1, boiling 1 hour, sieving sand fraction (> 250 μm) making volume to 1 000 ml, pipetting, fraction in %:
  - > 10 μm
  - < 1 μm (SCS USDA 2 μm)
  - 1–10 μm
  - 10–50 μm
  - 50–250 μm
  - 250–2 000 μm
  - triangle-classification: < 1 μm, 1–50 μm, 50–200 μm – CaCO<sub>3</sub> %: manometric
- pH/H<sub>2</sub>O: soil suspension 1 : 2.5, measured with glass electrode
- pH/KCl: soil suspension 1 : 2.5 0.2 M KCl, measuring with glass electrode
- CEC (mmol.kg<sup>-1</sup>): leaching by BaCl<sub>2</sub>-TEA pH 8.2 (base saturation), replacing of Ba ions, Ba by flame photometry [Mehlich T<sub>M</sub> mmol(+).kg<sup>-1</sup>]
- V (%): base saturation, CEC-acidity, by titration of BaCl<sub>2</sub>-TEA-leachate (Mehlich V in %)
- C<sub>ox</sub> (%): organic carbon, acid-dichromate digestion, 45 min at 125 °C, FeSO<sub>4</sub>·(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titration
- humus (%): %C<sub>ox</sub>·1.724
- nitrogen (%): Kjeldahl digestion
- available P (%): Egner (Ca-lactate, molybdenum-vanadophosphoric acid colorimetry)
- available K (%): Schachtschabel [NH<sub>4</sub>Cl + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> extr., flame photometry]

### b) SOIL PROFILES WITH COMPLEMENTARY CHARACTERISTICS FOR BASIC SOIL DIAGNOSTICS

cca 250 soil profiles (1 500 samples)

## Chemical, physico-chemical analyses

- free iron and aluminium (%):  
 $Fe_0, Al_0$  - „amorphous“ - extr. 0.2 M ammonium oxalate + oxalic acid extraction, pH 3.0 (Tamm)
- $Fe_d, Al_d$  - „total free Fe-Al“ - sodium dithionite, citrate-bicarbonate extraction (Mehra, Jackson, 1960; Coffin, 1964)
- $Fe_p, Al_p$  - „organic complexes“ - 0.1 M sodium pyrophosphate extraction pH 10 (Bascob, 1968)
- $Fe_{PD}, Al_{PD}, OL_{PD}$  - „organic complexes“ - sodium pyrophosphate - sodium dithionite extraction (Franzmeier, Hajek, Simonson, 1965)
- exchangeable Al: leaching with 1 M KCl, fluoride titration (Yuan, 1959)
- exchangeable cations: leaching with 1 M  $NH_4OAc$ , pH 7.0, Ca, Mg, K, Na - flame photometry or Ca + Mg complexometric titration, K, Na flame photometry
- effective CEC (ECEC) [ $mmol(+).kg^{-1}$ ]: leaching with 1 M KCl (unbuffered, Al, H fluoride titration, Ca, Mg complexometric titration or flame photometry, ECEC = Ca + Mg + Al + H (Colemann, 1959))
- base saturation %:  $\frac{Ca + Mg}{ECEC} \cdot 100$
- Al saturation %:  $\frac{Al}{ECEC} \cdot 100$
- *humus quality - humic and fulvic acids:*
- humic and fulvic acids (slightly bound) in 0.1 M NaOH extract:  $HK_1, FK_1$
- humic and fulvic acids (slightly + strongly bound) in 0.1 M NaOH extract after decalcination by 0.05 M  $H_2SO_4$  ( $HA_1 + HA_2, FA_1 + FA_2$ ) or in 0.1 N sodium pyrophosphate extract ( $HA_p, FA_p$ )
- aggressive fulvic acids in 0.05 M  $H_2SO_4$  extract
- separation of HK and FK: acidification of the extract, filtration or centrifugation
- ratio HK : FK,  $HK_2 : HK_1$  ( $HK_p : HK_1$ )
- *humus quality - optical characteristics:*
- sodium pyrophosphate extract :  $Q_4/Q_6$  - optical density = polymerisation, condensation index
- sodium pyrophosphate extract  
NaOH extract  $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$  normalised concentration of C in samples
- $Q_{4p}/Q_{4l}$  = stability index (reflects bounds)
- total elemental analysis - macroelements in soil and clay (Si, Fe, Al, Ca, Mg, K, Na, P), %  
oxides: melting with sodium carbonate
- macroelements (Si, Fe, Al, Ca, Mg, Na, P) in 20% HCl extract
- total content of microelements (As, Be, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn),  $mg.kg^{-1}$ :  
extraction in concentrated  $HNO_3 + HF + HClO_4$ ; AAS (mostly, Hg TMA)
- microelements (Cd, Co, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn) in 2 M  $HNO_3$  (cold)
- microelements in  $CaCl_2$  and EDTA extracts

## Physical properties

- principal physical characteristics
- bulk density,  $Mg.m^{-3}$
- bulk specific gravity,  $Mg.m^{-3}$  100 ml Kopecky rings
- porosity, %
- air porosity, %
- hydrolimits  $\Theta$ , %
- hygroscopic water  $\Theta_A$
- wilting point  $\Theta_V$  (wilting plants)
- field capacity PK (2 days after saturation in the field)
- maximal capillary capacity MKK (2 hours desuction after saturation)
- soil structure
- dry weight < 1 mm dry sieving
- 1-10 mm
- > 10 mm
- water stability of soil structure < 0.25 mm sieving in water > 1 mm
- differentiated soil porosity
- capillary porosity -  $P_c$  (total saturation = porosity - water content after 2 h desuction)
- semicapillary porosity  $P_s = P_n - P_c$
- noncapillary porosity -  $P_n$  (total saturation = porosity - after 30 min desuction)
- interaggregate porosity
- intraaggregate porosity
- hydraulic conductivity  $K_f, cm.d^{-1}$
- technological properties Atterberg (weight % water)
- ML plastic limit (lower)
- MZd lower liquid limit = upper plastic limit
- MZh upper liquid limit
- IP plastic index
- $\Theta$ , water content corresponding to:  
pF 4.2-2.5-1.8-0.6
- volume of pores < 2  $\mu m$ , 2-10  $\mu m$ , 10-50  $\mu m$ , > 50  $\mu m$

## Mineralogical properties

- clay minerals in the < 1  $\mu m$  fraction
- X ray diffraction - often after removal of amorphous substrates, Mg, K, glycerol saturation, chemical preparation
- DTA
- electron microscopy

## Micromorphology

- thin sections (Altemüller)
- scanning electron microscopy

### Biological characteristics

(some soil profiles and A<sub>p</sub> horizons, mostly with dynamic studies)

- number of bacteria, actinomycetes, micromycetes, azotobacter, aerobic, anaerobic microorganisms
- respiration, N-mineralization, nitrification - basal, potential

The exploitation of the data stored in the HYPERTEXT could be done by its transformation into the format of commercially available databases and statistical software packages.

The described software was tested by digitising of a large set of data on special soil pits, collected during the systematic soil survey of the Czech Republic (historical data) and on the actual data collected on selected soil pits recently. The system proved to be fully suitable for that purpose and for introduction of digitised soil data into GIS (ARC/INFO).

### Acknowledgement

The research work was supported by the grant project of the Czech Grant Agency number 502/94/1798

### REFERENCES

BREUNING, H. - MADSEN, H. B. - JONES, R. J. A.: The establishment of a soil profile analytical database for the EU.

- Guidelines for completing proformas. In: KING, D. - JONES, R. J. A. - THOMASSON A. D. (eds): European land information systems for agro-environmental monitoring. Luxembourg, JSC, EC, Inst. Rem. Sens. Appl. 1995: 277-285.
- KING, D. - JONES, R. J. A. - THOMASSON, A. D. (eds): European land information systems for agro-environmental monitoring. Luxembourg, JSC, EC, Inst. Rem. Sens. Appl. 1995. 285 pp.
- LINKEŠ, V. et al.: Informačný systém o pôde. Bratislava, Príroda 1987. 195 pp.
- NĚMEČEK, J.: Současný stav informačních systémů a datových bank o půdách. Stud. Inform. ÚVTIZ, Ř. Půdoznal., 1981 (3): 68.
- NĚMEČEK, J. - KOZÁK, J. - JETMAR, M.: Soil information systems and monitoring in the Czech Republic. In: VÁRALLAY, G. (ed.): FAO/ECE Working Party. Int. Wksh. Harmonisation of soil conservation monitoring systems, Budapest, Inst. Soil Sci. Agrochem. 1995: 77-82.
- OELKERS, K. H. - EKELMANN, W. et al.: Das Nieder-Sächsische Bodeninformationssystem NIBIS. Geol. Jahrb. Reihe F. H., 27, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geol. Landesämtes, Hannover, 1993. 256 pp.
- REYBOLD, W. D. - TESELE, G. W.: Soil geographic databases. J. Soil and Wat. Conserv., 1989 (1): 27-29.
- VÁRALLAY, G. (ed.): FAO/ECE Working Party. Int. Wksh. Harmonisation of soil conservation monitoring systems, Budapest, Inst. Soil Sci. Agrochem. 1995. 222 pp.
- ISRIC. Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER). Procedures Manual. Wageningen, Netherlands, UNEP-ISSS-ISRIC-FAO, ISRIC, 1993. 115 pp.

Received on June 13, 1996

---

### Contact Address:

Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 57, fax: 02/34 44 18

---

# GEOCHEMICKÉ A ANTROPOGENNÍ ZATÍŽENÍ PŮD

## GEOGENIC AND ANTHROPOGENIC SOIL LOADS

J. Němeček<sup>1</sup>, E. Podlešáková<sup>2</sup>, R. Vácha<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** Contamination limits of trace elements derived for soils in the Czech Republic concern only Ap horizons (and their analogies) of soils lacking extreme trace elements concentrations. An attempt has been made to differentiate the anthropogenic and geogenic loads in the North- and West North-Bohemian regions, where their coincidence occurs. The solution is based on the comparison of profile trace elements distribution, parent materials occurrence and immissions isolines. Whereas the problem is simple in case of mafic rocks, it is complicated in metallogenic zones of acid igneous and metamorphic rocks. The results are displayed in three figures. Based on this experience the ratio of geogenic and anthropogenic loads for immission – free and severe immission – impacted regions has been estimated. The uptake of trace elements from geogenic loads by plants is very limited.

trace elements; soils; geogenic loads; anthropogenic contamination

**ABSTRAKT:** Limity kontaminace půd stopovými prvky pro ornice a jim odpovídající horizonty (0 až 0,25 m) se týkají půd bez geochemicky extrémních obsahů. Byl proveden pokus diferencovat antropogenní a geogenní zátěže půd v severočeském a severozápadočeském regionu, kde se vyskytují společně. Řešení se opírá o profilové distribuce prvků, rozšíření substrátů s geochemickými extrémy (Co, Cr, Mn, Ni, V – As, Pb, Zn, Cu) a izočary spadů. Výsledky byly aplikovány na nejrizikovější regiony ČR ve srovnání s regiony čistými. Přijem stopových prvků z geogenně zatížených půd je silně omezený.

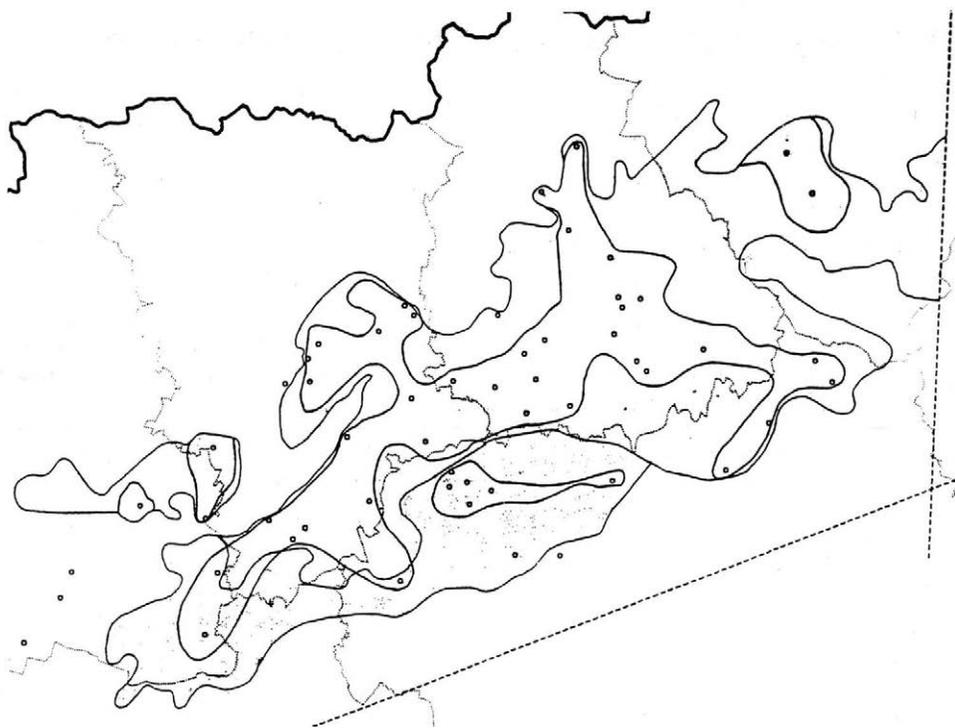
stopové prvky; půda; geogenní zátěže; antropogenní kontaminace

### ÚVOD

Požadovými hodnotami rizikových prvků a z nich odvozeným limitům kontaminace byla v ČR věnována mimořádná pozornost (Podlešáková et al., 1994; Němeček et al., 1995; Podlešáková et al., 1996). Spolu s požadovými hodnotami a limity kontaminace perzistentních organických xenobiotických látek (POXL) prokázaly tyto statisticky odvozené standardy svoji objektivnost a užitečnost při hodnocení imisních a jiných vstupů škodlivin do půdy v jednotlivých rizikových regionech a stanovištích (Podlešáková et al., 1994; Němeček et al., 1994). Překročení limitů kontaminace půd, definovaných jako svrchní mez přírodního a antropického difúzního pozadí, slouží tedy k identifikaci zvýšené míry vstupů rizikových látek do půdy a k charakteristice kvantitativních i kvalitativních rozdílů v kontaminaci půd. Teprve po jejich překročení musíme věnovat pozornost ekotoxikologickému nebezpečí zátěže. Limity kontaminace tím plní i funkci posuzování relevance ekotoxikologicky stanovených standardů ochrany multifunkčnosti půdy a potravního řetězce před vstupy z rostlinné výroby.

Ještě v nedávné minulosti jim byla v zahraničí věnována omezená pozornost. Námí navržené limity nebyly zařazeny do vyhlášky 13/1994 Sb., upravující zá-

kon na ochranu zemědělského půdního fondu. Objevily se bez diferenciací podle půd v hodnotách A rizikových prvků návrhu MSNMP a MŽP ČR (1992). Požadované hodnoty, resp. hodnoty kontaminace, skryté v původních hodnotách A známých nizozemských standardů (Leidraad, 1988), byly v tomto smyslu ze systému vyřazeny. Zato se požadované hodnoty objevily a stále ve větší míře jsou prosazovány v USA (EPA, 1994), tedy v zemích, kde do nedávné doby byla pozornost věnována výhradně asanačním standardům. Na základě vyhodnocení údajů jednotlivých spolkových zemí SRN (LABO, 1995) je doporučeno zařadit referenční hodnoty vyvozené z požadových hodnot rizikových prvků i organických xenobiotik do víceúrovňového systému standardů. V návrzích požadových hodnot SRN jsou použity celkové rozborů, nikoliv rozborů extraktu lučavkou královskou, která je používána v zemědělských institucích. Nezbytnost stanovení požadových hodnot, korelovaných v zemích EU, je podtržena zejména v programu nově zřízené Evropské Agencie pro Životní prostředí (EEA), jak je uvedeno v DGU (1995a, b). Tyto skutečnosti potvrzují náš přístup vytváření několikastupňového (3 až 4) systému limitů, ve kterém nalézají limity kontaminace odvozené z požadových hodnot velmi významnou úlohu, v souladu s principem obezřetnosti, který je zapracován do zákona o životním prostředí.



I. Geogenní zátěž půd v areálech čedičů (a smíšených substrátů se slínou) v severočeském imisním regionu (Cr, Ni, Co, V [Cu]) – Geogenic loads of soils in the areas of basalts (and marls + basalts) in the North Bohemian immission region (Cr, Ni, Co, V [Cu])

- vymezení geogenní zátěže – delineation of geogenic loads
- vymezení areálů čedičů – delineation of basalt areas
- ° půdní profily – soil profiles

Vyřešeným problémem v ČR je stanovení požadovaných hodnot a z něho odvozených limitů kontaminace půd stopovými prvky u půdních substrátů z nezapevněných sedimentárních hornin i ze svahovin v ČR nejrozšířenějších vyvřelých, metamorfovaných a zpevněných sedimentárních hornin. Pouze pro tyto případy platí i námi odvozené limity (Podlešáková et al., 1996), vztahované k horizontům Ap zemědělsky využívaných půd, resp. k drnovým horizontům a povrchovým vrstvám půdy do hloubky 0,25 m. K této odběrové hloubce by měly být vztahovány údaje ze zatravněných a jiných urbanistických ploch, kde se často snažíme zachytit zátěže povrchové vrstvy do 0,05 až 0,10 m. Zcela jiným problémem je hodnocení zátěže holorganických nadložních horizontů Of (F) a Oh (H) lesních půd a rašelinných půd (Tf, Ts aj.) s výrazně odlišnou objemovou hmotností. V nadložních horizontech lesních půd připadá největší podíl rizikových prvků na antropogenní přínos a zátěž těchto horizontů může sloužit jako indikátor spadá.

Méně řešeným problémem jsou požadové hodnoty a limity kontaminace u geochemicky extrémních či zvláštních substrátů a u substrátů v metalogenních zónách, resp. v místech dříve těžby nerostných surovin. I v německých pracích řešících diagnostiku geogenní-

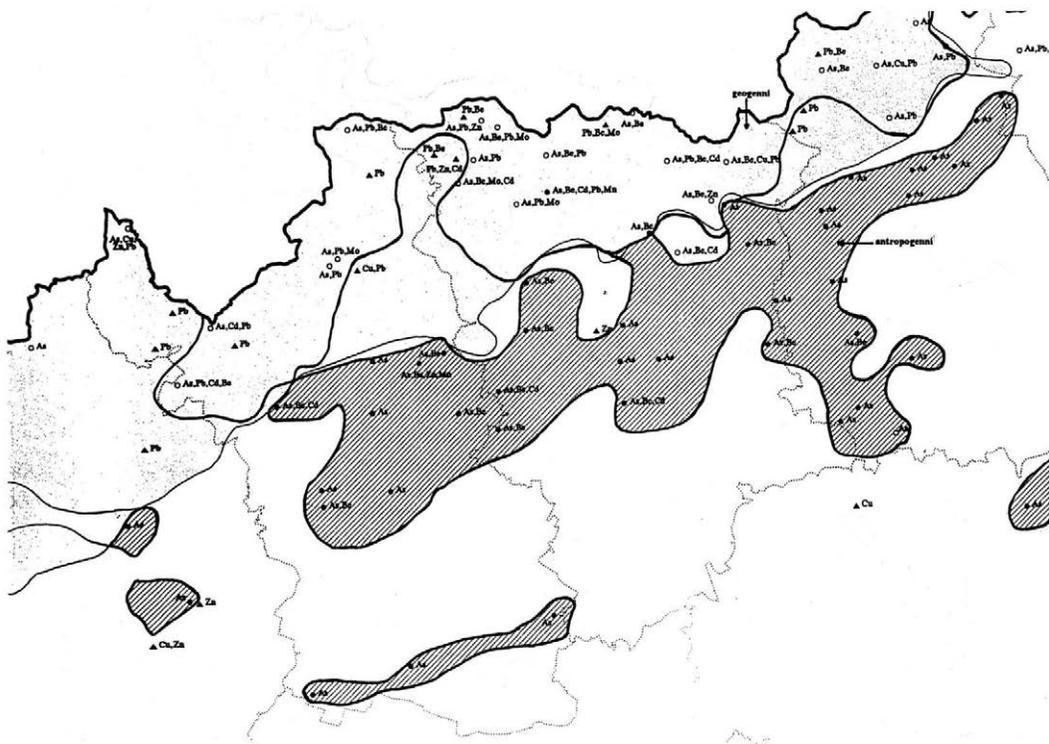
ho a antropogenního podílu stopových prvků (Hindel, Fleige, 1991) a v již zmíněném shrnutí řady prací týmem LABO (1995) není řešen přístup v oblastech střetu obou forem zátěží. Pozornost je věnována hlavně geochemickým specifickým bazických a ultrabazických hornin, metalogenních zón a lokalit historické těžby nerostů, dále reziduálním produktům zvětrávání vápenců, se kterými se setkáváme i v ČR, a navíc některým břidlicím s vysokými obsahy As, Cd, Cu, Ni aj.

V předložené práci se snažíme řešit problematiku diferenciacie geogenního a antropogenního zatížení v oblastech jejich největšího střetu – v severočeském a severozápadočeském imisním regionu s výskytem čedičů a metalogenních zón kyselých metamorfovaných a vyvřelých hornin.

## MATERIÁL A METODA

Práce byla iniciována potřebami rozlišit podíl geogenní a antropogenní zátěže v regionech střetu výrazného imisního zatížení a výskytu geochemicky extrémních substrátů.

Paralelně se stanovením celkového obsahu rizikových prvků (rozklad  $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{HClO}_4$ , stanovení



2. Geogenní a antropogenní zátěže půd v areálu kyselých magmatických a metamorfických hornin v severočeském imisním regionu – Geogenic and anthropogenic loads of soils in the area of acid magmatic and metamorphic rocks in the North Bohemian immission region

— areály kyselých hornin (šedá) – acid rocks areas (grey)  
 — vymezení geogenních zátěží – delineation of geogenic loads  
 ▨ vymezení antropických zátěží – delineation of anthropogenic loads

AAS, Hg metodou TMA) v ornících a drnových horizontech půd výrazně zatížených regionů a stanovišť ČR byly stanoveny obsahy rizikových prvků ve vybraných profilech geochemických extrémů i v horizontech B. Na základě profilových analýz, jejich konfrontace s výskytem geochemicky extrémních či zvláštních substrátů, izolinií spadů a plošného rozšíření škodlivin v půdě jednoznačně antropogenního původu, jakým je převážná část PAU, byl učiněn pokus vymezení rozsah antropogenní a geogenní zátěže půd stopovými prvky.

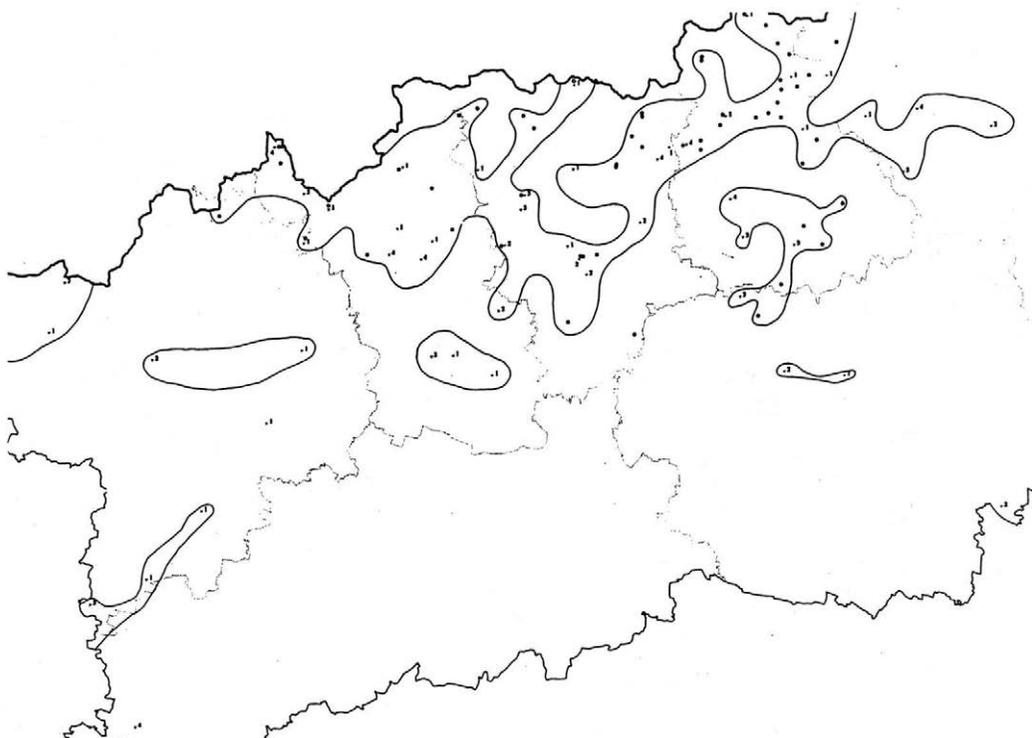
K potvrzení či vyvrácení skutečnosti, zda máme za zátěže půdy považovat geochemicky extrémní substráty, přispívá sledování příjmu stopových prvků, vyskytujících se v extrémních koncentracích, rostlinami (krmivý) v terénních podmínkách. Vegetační pokusy s tímto záměrem byly založeny s testovacími plodinami různé schopnosti přijímat prvky (ječmen, ředkvička, mrkev, špenát). Nejsou však zatím dokončeny.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

V tab. I uvádíme příklady obsahů rizikových prvků ve dvou v ČR nejrozšířenějších typech geochemicky

extrémních substrátů v horizontech Ap a B. Pro půdy ze svahovin z bazických hornin citujeme profilové údaje z naší dřívější práce (Podlešáková et al., 1994), a to z horizontů Bv a IIC: Co 37/43, Cr 300/330, Cu 58/61, Mn 1690/1730, Ni 62/68, V 249/284, Zn 111/118. Vyplývá z nich, že u půd ze svahovin bazických a ultrabazických hornin jsou pro diagnostiku rozhodujícími prvky Cr, Ni, Co a V. Vzhledem k tomu, že ve svahovinách může být materiál bazik promísen s jiným či eolicky ovlivněn, nebo naopak materiál bazických hornin přimísen na styku hornin do jiného, je rozhodující pro posouzení přiřazení ke geochemicky extrémním substrátům vysoký (tj. převyšující nejvyšší limit normálních půd pro daný prvek) obsah jednoho až dvou z uvedených prvků (nejčastěji Cr a Ni). Srovnání půdních profilů odpovídajících těmto požadavkům s mapkou (obr. 1) rozšíření čedičů (a čedičů se slíny) v severočeském regionu ukazuje takovou míru shody (při vyloučení potenciálních antropických zdrojů), že je možno jednoznačně tvrdit, že vysoké koncentrace Cr, Ni, Co a V jsou geogenního původu.

Složitějším problémem je řešení geogenního původu vysokých koncentrací As, Pb, Zn a Cu v severních a severozápadních Čechách. V areálech rozšíření rul,



3. Antropogenní kontaminace půd Cd a PAU v severočeském imisním regionu – Anthropogenic loads of soils with Cd and PAH in the North Bohemian immersion region

- vymezení kontaminovaných areálů – delineation of contaminated areas
- o kontaminace Cd – Cd contamination
- x kontaminace PAU – PAH contamination
- 1–4 narůstající počet komponent – increasing ratio of components

svorů a žul se v tomto regionu můžeme setkat s metalogenními zónami a lokalitami historické těžby nerostů. Složitost spočívá v tom, že jde o lokální jevy, které nelze spojovat plošně s rozšířením určitých substrátů, jak tomu bylo u čedičů, nebo jak tomu je např. u Be s obecně vyššími limity v kyselých horninách. V druhé části tab. I uvádíme příklady půd ze substrátů s anormálními obsahy As, Pb, Zn a Cu (Cd!). Obr. 2 znázorňuje areály, ve kterých profilové rozborů potvrdily geogenní původ zátěží v regionech rul, svorů a žul. Další komplikací hodnocení je skutečnost, že v severočeském regionu některé z těchto prvků jsou emitovány při spalování hnědého uhlí, zejména As (Be) a Cd, jiné mohou mít původ v imisích z dopravy (Pb). Řešení podílu geogenní a antropogenní zátěže spočívá tedy v srovnání rozšíření substrátů, ve kterých s větší pravděpodobností jde o geogenní zátěž, imisních izochar a profilových rozborů. Výsledkem je diferenciacie antropogenní a geogenní zátěže na obr. 2. Převážně antropogenní zátěž Cd a PAU je znázorněna na obr. 3.

Na základě zkušeností získaných v severo- a severozápadočeských imisních regionech jsme se pokusili odhadnout podíl antropogenních a geogenních zátěží

v hlavních rizikových a čistých regionech ČR. Z výsledků uvedených v tab. II vyplývá, že výlučně geogenní zátěže se vyskytují u Co, Cr, Mn, Ni a V v severo- a severozápadočeském imisním regionu v areálech čedičů (amfibolitů, smíšených substrátů s podílem bazik), u Pb, Cu a Zn v metalogenních zónách žul, rul a svorů. Co, Cr, Ni, Mn a V jsou jako antropogenní zátěže slabě zastoupeny pouze v okresech a lokalitách s metalurgickým průmyslem (Mn, Cr a V), výrazněji pak ve fluvizemích (Cr, Mn a Ni). S významnou antropogenní zátěží As a Be se setkáváme hlavně v severo- a severozápadočeském regionu, kde dochází k spalování hnědého uhlí. Značná část zátěže těmito prvky je však geogenního původu. Zcela dominantní je v těchto regionech geogenní zátěž Cu, Pb a Zn. Výhradně antropogenního původu jsou zátěže v severomoravském regionu, v Praze a v areálech fluvizemí. Z prvků lze považovat za výlučně antropogenní v půdě se hromadící Hg a z větší části Cd. Zatímco Hg se vyskytuje významněji pouze ve fluvizemích a na území Prahy, Cd je obecně dobrým ukazatelem intenzity celkové antropogenní kontaminace. Jsou jimi z organických xenobiotických látek i PAU, které jsou všudypřítomné. Z tab. III lze podle

I. Celkový obsah rizikových prvků v horizontech Ap a B půd s geochemicky vysokými obsahy rizikových prvků ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) – Total content of potentially hazardous elements in Ap and B horizons of soils with geogenic high contents of some trace elements ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

	Okres <sup>1</sup> (lokality <sup>2</sup> )	Půda <sup>3</sup>	Substrát <sup>4</sup>	pH	A/B	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	V	Zn
Bazické horniny <sup>5</sup>	Ústí nad Labem	KM	čediče <sup>7</sup>	4,8	A	24	3,0	0,27	<b>31</b>	<b>322</b>	37	0,32	1 174	0,5	40	30	145	104
	Milbohov	e		4,7	Bv	34	1,7	0,15	<b>33</b>	<b>282</b>	26	0,07	1 330	0,6	<b>70</b>	16	126	71
	Most	KM	čediče	6,6	A	12	2,3	0,41	29	<b>303</b>	42	0,09	1 056	1,1	<b>108</b>	16	<b>203</b>	99
	Libešice	e		6,6	Bv	18	3,2	0,37	29	<b>324</b>	42	0,14	1 256	1,0	<b>104</b>	18	<b>204</b>	99
	Děčín	KM	čediče	5,6	A	11	1,5	0,2	<b>40</b>	<b>296</b>	30	0,13	935	0,1	<b>90</b>	27	130	80
	Lesná	e		5,7	Bv	12	1,7	0,15	<b>45</b>	<b>311</b>	30	0,11	930	0,1	<b>105</b>	30	160	82
Kyselé horniny <sup>6</sup>	Teplice	KM	ruly <sup>8</sup>	4,3	A	<b>526</b>	1,9	0,54	14,2	53	26	0,27	953	1,76	13,0	<b>339</b>	56	83
	Mikulov	d		4,5	Bv	<b>492</b>	3,8	0,32	11,1	49	23	0,20	665	0,92	11,0	<b>366</b>	52	68
	Klatovy	KM	ruly	6,2	A	<b>65</b>	2,5	0,32	5,0	48	12	0,11	638	0,20	18,0	47	67	69
	Horní Kvilda	d		4,5	Bv	<b>69</b>	2,7	0,05	10,0	65	22	0,11	415	0,10	32,0	30	82	95
	Zlatovy	KM	ruly	4,4	A	<b>51</b>	2,2	0,22	17,5	38	32	0,11	633	0,20	40,0	30	30	110
	Zámysl	d		5,2	Bv	<b>81</b>	3,0	0,08	15,0	90	22	0,08	548	0,10	38,0	30	102	100
	Teplice	KM	ruly	3,5	A	17	<b>8,2</b>	0,45	12,5	40	32	0,13	718	0,1	8,0	60	70	<b>152</b>
	Krupka	d		3,5	Bv	21	<b>6,8</b>	0,67	12,5	48	32	0,11	690	0,4	18,0	47	50	<b>142</b>
	Most	PZ	ruly	5,3	A	4,8	3,8	0,62	7,5	32	<b>110</b>	0,13	650	0,20	12,0	<b>232</b>	42	<b>175</b>
Brandov	k		4,9	Bs	12,4	2,8	0,18	7,5	42	<b>140</b>	0,09	358	0,20	12,0	170	35	<b>190</b>	

Tučně vtištěná čísla vyjadřují silné překročení požadovaných hodnot pro neextrémní substráty – In bold (severe) exceeding of background values for non extreme parent materials

A – povrchové diagnostické horizonty (orniční a drnová vrstva) – surface diagnostic horizons (Ap, or sod layer)

B – podpovrchové diagnostické horizonty – subsoil diagnostic horizons: Bv – kambický hnědý – brown cambic, Bs – kambický rezivý – rusty cambic

<sup>1</sup>district, <sup>2</sup>site, <sup>3</sup>soil, <sup>4</sup>parent material, <sup>5</sup>mafic rocks, <sup>6</sup>acid metamorphic rocks, <sup>7</sup>basalts, <sup>8</sup>gneisses

II. Odhad antropogenního a geogenního zatížení půd rizikovými prvky (překročení limitů kontaminace v % vzorků) v nejkritičtějších a imisně čistých regionech – Estimates of the anthropogenic and geogenic loads of soils with potentially hazardous elements (exceeding of contamination limit in % of samples) in the most critical and immission-free region

Okres <sup>1</sup>	Počet vzorků <sup>2</sup>	As		Be		Cd		Co		Cr		Cu		Hg		Mn		Mo		Ni		Pb		V		Zn	
		A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G
Český Krumlov	30	0	0	0	20	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	3
Prachatice	48	0	6	0	12	0	2	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	2	0	0	0	4	
Pelhřimov	77	0	12	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
Chomutov	115	3	11	18	11	1	0	0	16	0	12	0	12	0	0	6	0	0	0	6	0	10	0	17	0	6	
Most	63	25	19	22	5	13	0	0	5	0	14	0	11	0	0	3	0	1	0	19	0	21	0	6	0	8	
Teplice	75	18	23	26	20	17	4	0	15	0	21	0	11	1	0	11	0	11	0	17	0	27	0	9	0	13	
Ústí nad Labem	78	26	6	13	7	29	0	0	34	0	26	0	13	4	0	18	0	0	0	20	0	12	0	19	0	4	
Litoměřice	55	4	0	0	0	2	0	0	13	0	18	0	4	5	0	0	0	5	0	9	0	5	0	4	0	4	
Děčín	28	0	3	0	0	0	0	0	11	0	11	0	0	0	0	3	0	0	0	11	0	2	0	0	0	3	
Cheb	47	4	42	6	11	8	0	0	2	0	0	0	0	6	0	6	0	19	0	0	0	6	0	17	0	2	
Sokolov	54	4	54	5	33	24	0	0	2	0	7	0	5	2	0	7	0	2	0	0	0	7	0	31	0	22	
Karlovy Vary	59	12	12	10	17	14	0	0	15	0	15	0	14	0	0	29	0	15	0	6	0	7	0	36	0	10	
Ostrava-Karviná	33	6	0	0	0	30	0	0	0	6	0	3	0	3	0	15	0	3	0	0	0	6	0	0	0	36	0
Frydek-Místek	50	4	0	0	0	48	0	0	0	4	0	4	0	0	0	12	0	6	0	0	0	14	0	2	0	36	0
Praha	39	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	33	0	38	0	0	0	–	–	0	0	33	0	0	0	28	0
Mníšek	22	4	0	0	0	14	0	0	0	4	0	4	0	0	0	27	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	
Fluvisoly inundované <sup>3</sup>	33	7	0	29	0	93	0	7	0	31	0	56	0	88	0	33	0	–	–	10	0	53	0	0	0	88	0

<sup>1</sup>district, <sup>2</sup>number of samples, <sup>3</sup>fluvisols inundated

III. Geometrické průměry obsahu Cd a PAU v nejkritičtějších a imisně čistých regionech – Geometric means of Cd and PAH in the most critical and immission-free regions

Okres <sup>1</sup>	Český Krumlov	Prachatice	Chomutov	Most	Teplice	Ústí nad Labem	Litoměřice	Děčín	Cheb	Sokolov	Karlovy Vary	Ostrava-Karviná	Frydek-Místek	Praha	Fluvisoly <sup>2</sup>
Cd	0,19	0,21	0,17	0,23	0,31	0,33	0,15	0,20	0,26	0,36	0,26	0,54	0,72	0,42	1,79
PAU	180	160	231	242	277	254	207	251	292	450	269	656	461	1 113	1 159

<sup>1</sup>district, <sup>2</sup>fluvisols

Cd a PAU odvodit relativní kontaminaci regionů v pořadí: čisté regiony (Šumava) < severočeský imisní region (narůstající zatížení na sever od okresu Most až po Ústí nad Labem – obr. 3) < severozápadočeský imisní region (centrum okres Sokolov) < severomoravský imisní region < Praha < fluvizemě s recentními záplavami. Indikátorovou úlohu antropogenní zátěže Cd nutno prověřit pouze v regionech geogenně podmíněných vysokých koncentrací As, Pb, Zn (Cu) a Be.

Velice důležitou otázkou je, do jaké míry geogenní zátěže skutečně lze za zátěže považovat. Tím se dostáváme k problematice ekotoxikologicky relevantních standardů, které rozpracováváme na základě výsledků terénních šetření párů půda / rostlina (krmivo) a vegetačních pokusů s půdami charakterizovanými geochemicky extrémními koncentracemi rizikových prvků při použití testovacích rostlin s různou schopností přijímat rizikové prvky. Publikované vybrané údaje z terénních šetření (Podlešáková, Němeček, 1996) svědčí o relativně snížené potenciální rozpustnosti rizikových prvků v geochemicky extrémních půdách (zejména při srovnání s druhým extrémem, tj. fluvizeměmi s nejvyšší potenciální rozpustností). Nízká potenciální i aktuální rozpustnost u těchto půd má za následek, že překročení krmivářské normy (Vyhláška 264/1993 Sb.) se projevuje až při extrémních koncentracích Ni ( $1\ 500\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) v svařovinách hadců a Pb ( $300\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) v svařovinách svorů. U prvků s nejnižší mobilitou vůbec se neprojevovali ani při tak vysokých obsazích jako  $> 1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  u Cr, resp.  $> 1\ 200\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  u As. Nebylo pozorováno ani u Zn při geogenně podmíněném obsahu  $300\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Ve výzkumu transferu do rostlin z geogenních zátěží se pokračuje.

## LITERATURA

HINDEL, R. – FLEIGE, H.: Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland – geogene und anthropogene Anteile (Teil 1). 1991 UBA – F + E 10701001; UBA – TEXTE 10/91.

### Kontaktní adresa:

Prof. RNDr. Jan Němeček, DrSc., Česká zemědělská universita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 52, fax: 02/34 44 18

NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – FIRÝT, P.: Kontaminace půd severočeského regionu organickými xenobiotickými látkami. Rostl. Výr., 40, 1994 (2): 113–121.

NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – PASTUSZKOVÁ, M.: Pozadové obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách ČR (obsahy v extraktu  $2\text{M HNO}_3$ ). Rostl. Výr., 41, 1995 (1): 25–29.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J.: Kritéria kontaminace a intoxikace půd. Rostl. Výr., 42, 1996 (8): 357–364.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Pozadové hodnoty potenciálně rizikových prvků v půdách ČR (celkové obsahy). Rostl. Výr., 40, 1994 (12): 1095–1105.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Návrh limitů kontaminace půd potenciálně rizikovými stopovými prvky pro ČR. Rostl. Výr., 42, 1996 (3): 119–125.

PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – VÁCHA, R.: Kontaminace půd severočeského regionu rizikovými prvky. Rostl. Výr., 40, 1994 (2): 123–130.

DGU 1995a: DGU Service report No. 47, Scoping Study on Establishing a European Topic Centre for Soil. Subproject 1, Programme: EEA, Annual Work Programme 1994–1995.

DGU 1995b: DGU Service report No. 71, Scoping Study on Establishing a European Topic Centre for Soil. Subproject 2: Contaminated Sites, Programme: EEA, Annual Work Programme 1994–1995.

EPA 1994: Soil Screening Guidance. EPA USA, 540, R-M II 61, PB 95-963529, 18 s.

LABO 1995: Soil background and reference values in Germany. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltschutz.

LEIDRAAD BODEMSANERING 1988: Technisch Inhoudelijik, Deel II. Afl. 4 San intgeverij, s-Gravenhoge: 27.

MŽP ČR: Vyhláška MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Sb. 13/1994.

MSNMP A MŽP ČR: Postup vyhodnocení závazků z hlediska ochrany ŽP při zpracování privatizačního projektu. Metodický pokyn. 1992: 17–18.

MZE ČR 1993: Samostatná příloha k vyhlášce č. 264/1993 o výrobě a složení krmných směsí (SEVT).

Došlo 13. 6. 1996

## EKOLOGICKÉ A EKONOMICKÉ SYSTÉMY HOSPODAŘENÍ NA PŮDĚ

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o., Troubsko u Brna ve spolupráci s Výzkumným ústavem rostlinné výroby, Piešťany, Ministerstvem zemědělství ČR, Agrární komorou ČR a Ministerstvem školství, tělovýchovy a sportu ČR uspořádali v Brně ve dnech 3. a 4. září 1996 konferenci s mezinárodní účastí na téma *Ekologické a ekonomické systémy hospodaření na půdě*.

Nosným tématem konference byla prezentace současných poznatků z oblasti zpracování půdy k hlavním polním plodinám se specifikací na půdoochranné systémy a využití moderních mechanizačních prostředků a na jejich ekonomické dopady. Jednání bylo dále zaměřeno na problematiku ekologizace rostlinné výroby v podmínkách ČR. Konference umožnila pracovníkům českých i slovenských výzkumných ústavů a vysokých škol seznámit s výsledky své práce široké fórum odborníků z oblasti výzkumu a školství, zástupce řídicích orgánů i pracovníky zemědělské praxe z ČR a SR.

Konferenci zahájil ředitel VÚP Troubsko u Brna J. Procházka, který přítomné seznámil s činností ústavu i jeho perspektivami, přivítal též zástupce MZe ČR M. Mezuliánika, ředitele ÚO Brno-venkov J. Ryšavého a ředitelku OAK H. Zezulovou. Za spolupořádající organizaci VÚRV Piešťany vystoupil S. Kubinec.

V úvodním referátu hovořil M. Mezuliánik (MZe ČR) o současné situaci ve spotřebě průmyslových hnojiv v ČR a o dalších výhledech jejich spotřeby do roku 2000 a 2005. S. Kumberec (VÚRV Praha-Ruzyně) věnoval svůj příspěvek ekonomice a perspektivě pěstování hlavních zemědělských plodin. V příspěvku M. Džatka a J. Vilčeka (VÚPÚ Bratislava) byla věnována pozornost ekologickým a ekonomickým aspektům transformace uspořádání a využívání půdního fondu na Slovensku. E. Riník (OVÚA Michalovce) se zmínil o výsledcích pokusů s biopreparátem AGROBIOPER (BIO-SIL).

J. Rotrekl (VÚP Troubsko) uvedl několik příkladů při pěstování pícnin, které řeší vztah mezi chemickou a biologickou regulací živočišných škůdců. Na využití netradičních plodin pro píci a zelené hnojení byl zaměřen příspěvek autorů J. Pelikána a J. Hofbauera (VÚP Troubsko). K problematice eroze a jejího řešení v Polsku se vyjádřil F. Woch, o půdoochranných technologiích uplatňovaných v jihočeském regionu se zmínili J. Stach a J. Šabatka (JU České Budějovice). V přednášce M. Lacko-Bartošové a Š. Košovana (VŠP Nitra) byly diskutovány možnosti využití počítačového modelu EPIC při predikci výnosů v ekologicky orientovaných systémech hospodaření na půdě.

V přednášce autorského kolektivu J. Hrubý, J. Dvortěl a B. Badalíková (VÚP Troubsko) byly porovnány vlivy různých

vstupů (organické a minerální hnojení, chemická ochrana) u hodnocených systémů hospodaření na půdě na výnosy hlavních polních plodin a výrobnost osevních postupů. J. Křen (MZLU Brno) ve svém příspěvku informoval o výzkumu integrovaných systémů rostlinné produkce, které jsou v EU považovány za první realizovatelný krok strategického významu při řešení současných problémů zemědělství. J. Pešek nastínil problematiku adaptace českého zemědělství na podmínky EU.

Z. Kňákal (VÚP Troubsko) a J. Fialová vyhodnotili možnosti využití nových technologických způsobů zpracování půdy v podmínkách bramborářské výrobní oblasti a jejich dopady na výnosy polních plodin. J. Havel (OSEVA PRO, VÚO Opava) hovořil o systémech pěstování olejnin v podmínkách ČR. Na problematiku energetické náročnosti zpracování půdy byl zaměřen příspěvek J. Červinky a F. Bauera (MZLU Brno) a poznatky o vlivu systémů hospodaření na půdě na nutriční hodnotu jarního ječmene přednesli J. Zimolka a J. Ehrenbergerová (MZLU Brno).

Druhý den zahájil jednání zajímavým příspěvkem K. Kováč (VÚRV Piešťany), který analyzoval model konverze konvenčního systému hospodaření na půdě na trvale udržitelný systém v nížinných podmínkách Slovenska. F. Marko (VÚRV Piešťany) diskutoval o agronomické a ekonomické efektivnosti půdoochranného systému hospodaření na půdě při pěstování kukuřice. Na příspěvek navázala svým vystoupením B. Procházková (VÚP Troubsko), která zhodnotila na základě řady polních pokusů různé systémy zpracování půdy ke kukuřici z pohledu výnosů i dopadů těchto technologií na půdní prostředí.

K problematice pěstování cukrovky byl zaměřen referát J. Šrollera (ČZU Praha), ve kterém autor diskutoval o konvenčním a integrovaném systému pěstování této plodiny. V neméně zajímavém příspěvku probíral J. Hůla (VÚZT Praha-Řepy) poznatky získané při ověřování mechanizovaných postupů půdoochranného zpracování k cukrovce a J. Cholenický (ČZU Praha) vysvětlil využití koeficientů přejezdů při odvozu brambor. V závěru konference předvedl P. Zemánek (MZLU Brno, ZF Lednice na Moravě) zajímavý model fluidního výsevu upraveného osiva zeleniny, na jehož realizaci se sám se svými kolegy J. Žufánkem a V. Veverkou podílel.

Na konferenci se rovněž prezentovali zástupci firem KWS, RAGT, LIMAGRAIN, LUKROM a AGRISERVIS Zlín.

Přednesené příspěvky budou vydány ve sborníku konference do konce tohoto roku a budou k dispozici všem zájemcům.

*Ing. Jan Hrubý, CSc., Ing. Barbora Badalíková  
Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r. o.,  
664 41 Troubsko u Brna, Česká republika*

# HEAVY CONTAMINATION OF SOIL WITH CADMIUM, LEAD AND ZINC IN THE ALLUVIUM OF THE LITAVKA RIVER

## SILNÁ KONTAMINACE PŮDY KADMIEM, OLOVEM A ZINKEM V NIVĚ ŘEKY LITAVKY

L. Borůvka<sup>1</sup>, Ch. Huan-Wei<sup>2</sup>, J. Kozák<sup>1</sup>, S. Křišťoufková<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Beijing Agricultural University, China*

**ABSTRACT:** Soils of the alluvium of the Litavka river, an area of heavy point contamination with heavy metals, were studied. Contents of Cd, Pb, and Zn were determined in extracts with cold 2M HNO<sub>3</sub>. Metal distribution is very heterogeneous. Area influenced by atmospheric deposition from lead-smelting plants as the main source of contamination and area polluted with floods of contaminated water were distinguished. In the former, mean contents of Cd, Pb, and Zn in topsoil were 1.71, 376.4, and 74.5 mg.kg<sup>-1</sup>, respectively. They decreased with distance from the source of pollution and with soil depth, with exception of Pb due to parent rock. In the area under floods, the mean contents of Cd, Pb, and Zn in topsoil were 33.6, 2 979, and 3 363 mg.kg<sup>-1</sup>, respectively. They decreased with the distance from the source and from the river; metal mobility through the soil profile was higher here. Very close correlation was found between Cd and Zn. In factor analysis, three factors for each area accounting for more than 90% of total variability were selected.

cadmium; lead; zinc; alluvial soils; distribution; mobility; source of contamination

**ABSTRAKT:** Byly studovány půdy v nivě řeky Litavky, v oblasti silného bodového znečištění těžkými kovy. Obsahy Cd, Pb a Zn byly stanoveny ve výluhu 2M HNO<sub>3</sub>. Distribuce kovů byla velmi heterogenní. Byla rozlišena oblast ovlivněná atmosférickým spadem z olověných hutí jako hlavním zdrojem znečištění a oblast znečištěná záplavami kontaminovanou vodou. V první z nich byly průměrné obsahy Cd, Pb a Zn ve svrchní vrstvě 1,71, 376,4 a 74,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Tyto obsahy klesaly se vzdáleností od zdroje znečištění a s hloubkou půdy s výjimkou Pb vlivem mateční horniny. V záplavové oblasti byly průměrné obsahy Cd, Pb a Zn ve svrchní vrstvě 33,6, 2 979 a 3 363 mg.kg<sup>-1</sup>. Tyto obsahy klesaly se vzdáleností od zdroje a od řeky; mobilita kovů zde byla vyšší. Velmi těsná korelace byla mezi Cd a Zn. Ve faktorové analýze byly vybrány pro každou oblast tři faktory vysvětlující více než 90 % celkové variability.

cadmium; olovo; zinek; aluviální půdy; distribuce; mobilita; zdroj kontaminace

### INTRODUCTION

Heavy metals in soils represent a potential risk to the environment. Although diffuse contamination is not too important in the Czech Republic, there are several areas of very high point contamination. One of them is the alluvium of the Litavka river in the district of Příbram (Kozák et al., 1995). Besides naturally increased metal contents due to parent rock composition, there are two important sources of anthropogenic contamination. At first, there are atmospheric emissions of lead-smelting plants working since 18th century. The other source of contamination are floods of water contaminated by wastes from metallurgical plant setting pits, the walls of which were several times broken. Such areas represent the danger of input of heavy met-

als into food chain, moreover, they may constitute a direct health risk.

In the Czech Republic, commonly used method for heavy metal determination in soils is extraction with cold 2M HNO<sub>3</sub>. For this extraction the maximum tolerable metal contents in soils are set (MŽP ČR, 1994). Extractability of metals in non contaminated soils differs mainly with metal and soil unit. Average values in percentage of total content are 85 for Cd, 51 for Pb, and 26 for Zn, respectively, these values, however, are much higher in Fluvisols (Němček et al., 1995). Increased extractability was found also in contaminated soils (Podlešáková et al., 1994b).

The aim of this study was to determine level of soil contamination with Cd, Pb and Zn in the alluvium of the Litavka river, to describe the metal distribution in

the area and in the soil profiles in order to assess possible mobility or accumulation of metals, and to estimate the influence of different metal sources. It follows in detailed from previous research of the area (Pavel, Kozák, 1989). This work will be followed by study of metal speciation in soils and their availability for plants.

## MATERIAL AND METHODS

### Soil sampling

The soil samples were collected in the summer of 1993. The sampling sites were situated on twenty-one transects to the river from its tributaries as far as to the district border (Fig. 1). On each transect, three sites were situated on both banks in different distances from the river according to the probability of floods. The soil samples were collected from three depths: 0 to 15 cm, 30 to 40 cm, and 50 to 60 cm, respectively. In total, 375 soil samples were collected on 125 sites. Main soil unit in the area is Fluvisol, in the marginal area Cambisol.

### Analyses of metal contents

Air-dried 2 mm sieved soil samples were extracted with cold 2M HNO<sub>3</sub> with ratio solution : soil = 10 : 1 (v/w). Metal contents in extracts were determined by means of atomic absorption spectrophotometry.

### Statistics

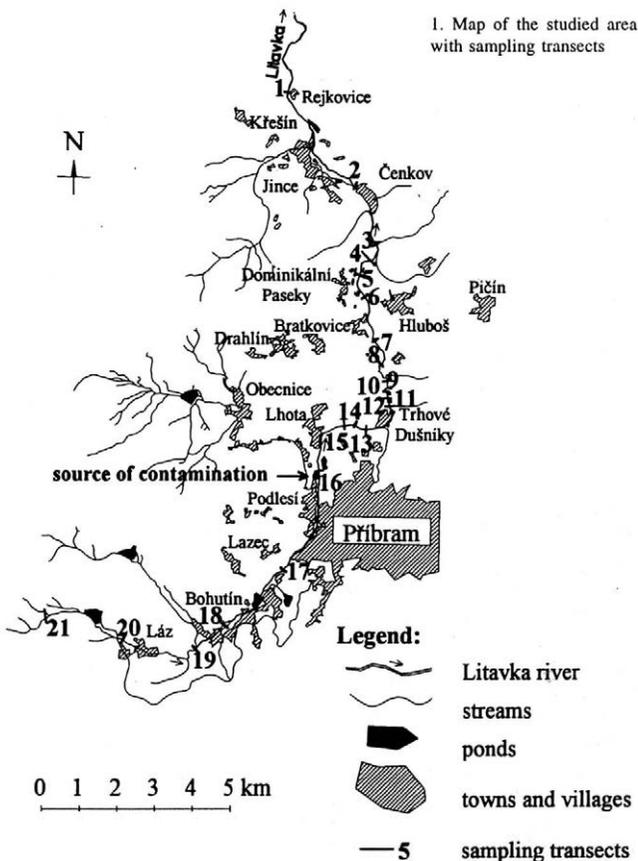
Statistical treatment was proceeded with software Statgraphics version 5.0. The data were at first treated with classical statistical methods. Sites influenced by different source of contamination were distinguished by means of four standard deviations as a criterion. In the case that the data set distribution was strongly skewed, transformation to common logarithms was used for calculations (Webster et al., 1994). Multiple analysis of variation was used to determine effects of different factors of heterogeneity, interrelations between metal contents were assessed by multivariate statistical methods.

## RESULTS AND DISCUSSION

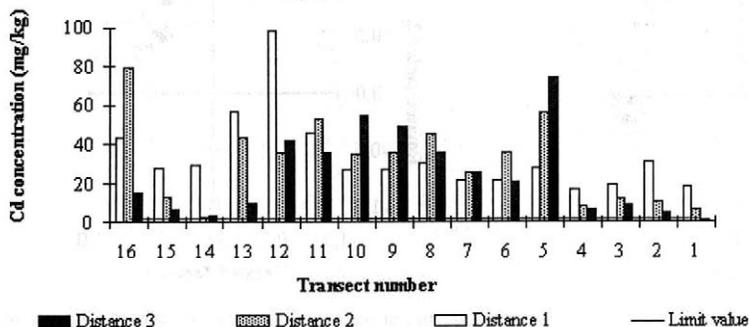
Distributions of metal contents in the topsoil of the area possibly influenced by polluting floods are shown in Figs 2 to 4.

Averages of both banks were used in the graph since there was no significant difference between the banks. In general, the levels of contamination are lower on sites more distant from the river, however, the differences are not significant. The maxima are shifted further from the source on the sites more distant in comparison to sites close to the river. The contents then decrease downstream along the river with the distance from the source, which corresponds with findings of the other authors under similar conditions (Bradley, Cox, 1986; Podlešáková et al., 1994a). However, the found metal contents were still very high in comparison with limit values, even in locations close to the district border.

Sites influenced mainly by atmospheric depositions and sites polluted mainly by floods of contaminated water were distinguished. The former included sites upstream of the setting pits and some sites downstream located more than three meters above the river level, so that floods were not probable there. In total, there were 29 sites classified as atmospherically polluted and 85 sites classified as polluted by floods; 11 sites were excluded as different from both groups of sites. Summary statistics of soil metal contents are shown in Tabs I to III. In general, the metal contents show strong hetero-

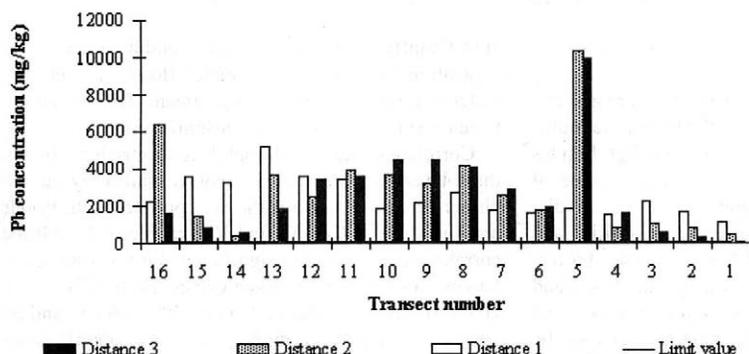


### Cadmium

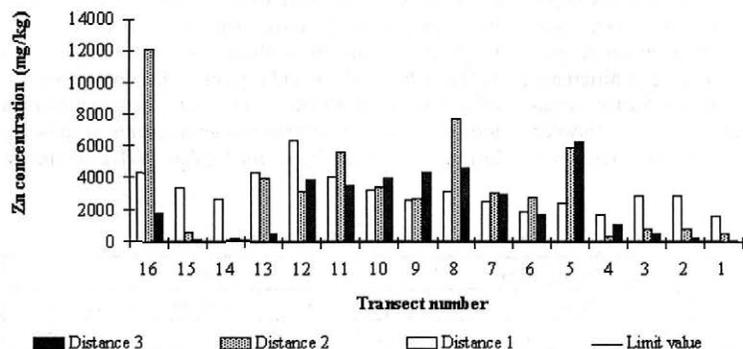


2.-4. Metal concentrations ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in topsoil possibly influenced by floods with contaminated water (averages of both banks)

### Lead



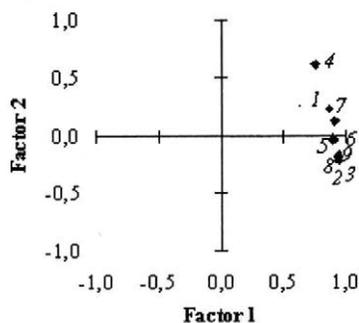
### Zinc



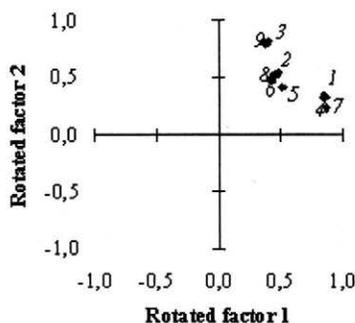
gencity. It can be seen from the data in the above-mentioned tables, that in the sites influenced by atmospheric deposition the content of Cd was moderately increased in comparison with limit value, the content of Zn was found to be even not significantly higher than limit for sandy soils which prevail on these sites. High levels of Pb suggest that this metal represented the principal pollutant from atmospheric immissions. Relatively high content of Pb at a depth 50 to 60 cm with regard to its low mobility in the soil profile indicated important influence of parent rock on content of Pb in the soil. In the area contaminated with floods,

contents of all the three metals were extremely high. Differences in metal contents between these two groups of locations were found highly significant for all the three metals under study.

Multiple analyses of variance of metal concentrations in the area influenced mainly by atmospheric deposition (Tab. IV) showed that the most important factor was transect, representing thus distance from the source of pollution. Important effect of depth indicated surface contamination and accumulation and low mobility of metals through the soil profile. Relatively low effects of distance from the river, with exception of Cd,



5. Projection of metal contents into plane of the first two factors for the area of atmospheric deposition (points labelled 1, 2, and 3 represent contents of Cd in the layers 0–15 cm, 30–40 cm, and 50–60 cm, respectively, points 4, 5, 6, and 7, 8, 9 are contents of Pb and Zn, respectively, in those layers)



6. Projection of metal contents into plane of the first two factors after rotation of axes by Varimax for the area of flood contamination (point labels see Fig. 5)

and of bank suggested spatial extension of atmospheric deposition. In the area polluted with floods, the multiple analyses of variation (Tab. V) showed that, besides transect as a measure of distance from the source of contamination, there was an important effect of distance from the river due to different possibility and frequency of floods. Difference between close and further distance from the river was significant for Cd and Zn. Influence of depth on Cd and Zn variations was less pronounced in that area which may be explained by higher mobility of those metals in polluted soils (Förstner, 1987). Detailed investigation of effect of soil depth showed that in the area of atmospheric deposition the only significant difference in contents was between the depths 0 to 15 cm and 50 to 60 cm, respectively. In the area influenced by floods, that difference was significant even only for Cd and Pb. Surface accumulation of metals was measured as the ratio between contents in topsoil and subsoil layer. This ratio was

significantly higher in the area under atmospheric deposition than in the area under floods, for Pb this difference was even highly significant. Difference between metals were found as insignificant.

Correlation matrix of metal concentrations in the three layers for the area influenced mainly by atmospheric deposition and for the area polluted with floods are given in the Tabs VI and VII, respectively. All the correlations were highly significant. Very strong correlations could be seen between Cd and Zn (0.870, 0.919, and 0.913 in the depth 0 to 15 cm, 30 to 40 cm, and 50 to 60 cm, respectively, in the area of atmospheric deposition, and 0.925, 0.869, and 0.903 in the same depths in the area under floods). Correlations of Pb with the other two elements were found weaker. Closer correlation was for all the three elements in both areas between the depths 30 to 40 cm and 50 to 60 cm than between 30 to 40 cm and topsoil, indicating the effects of surface contamination and metal accumulation in topsoils. Analyses of principal components of these relations were also proceeded (Tab. VIII). In factor

I. Summary statistics of Cd concentrations in studied soils and maximum tolerable content (MŽP ČR, 1994) ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

Source of contamination Depth (cm)	Atmospheric deposition			Floods		
	0–15	30–40	50–60	0–15	30–40	50–60
Max. tolerable content	0.4 <sup>a</sup> ; 1.0 <sup>b</sup>					
Mean	1.71	1.15	0.99	33.59	30.51	26.45
Median	1.34	0.59	0.27	29.55	30.05	26.00
Minimum	0.08	0.07	0.03	1.96	1.29	0.86
Maximum	5.73	4.83	8.68	130.40	83.90	76.8
Standard deviation	1.43	1.28	1.74	25.22	20.53	19.64
Skewness	0.76	1.39	3.45	1.47	0.37	0.53
Transformed						
Mean ( $\log_{10}$ )		-0.240	-0.495	1.394		
Median ( $\log_{10}$ )		-0.229	-0.577	1.471		
Standard deviation ( $\log_{10}$ )		0.555	0.697	0.375		
Skewness ( $\log_{10}$ )		-0.001	0.16	-0.73		

<sup>a</sup>sandy soils, <sup>b</sup>other soils

II. Summary statistics of Pb concentrations in studied soils and maximum tolerable content (MŽP ČR, 1994) (mg.kg<sup>-1</sup>)

Source of contamination Depth (cm)	Atmospheric deposition			Floods		
	0-15	30-40	50-60	0-15	30-40	50-60
Max. tolerable content	50.0 <sup>a</sup> ; 70.0 <sup>b</sup>					
Mean	376.4	429.8	666.7	2 979	2 751	2 160
Median	227.0	84.0	68.0	2 605	1 987	1 810
Minimum	5.4	9.6	4.0	227.0	103.5	117.5
Maximum	1 733	4 275	12 650	18 450	15 450	8 370
Standard deviation	442.6	858.1	2 335.6	2 809	2 601	1 825
Skewness	1.76	3.58	5.17	3.56	2.24	1.14
Transformed						
Mean (log <sub>10</sub> )	2.260	2.040	1.820	3.339	3.241	3.137
Median (log <sub>10</sub> )	2.356	1.924	1.833	3.416	3.298	3.258
Standard deviation (log <sub>10</sub> )	0.587	0.744	0.927	0.355	0.467	0.470
Skewness (log <sub>10</sub> )	-0.35	0.40	0.51	-0.36	-0.63	-0.55

<sup>a</sup>sandy soils, <sup>b</sup>other soils

III. Summary statistics of Zn concentrations in studied soils and maximum tolerable content (MŽP ČR, 1994) (mg.kg<sup>-1</sup>)

Source of contamination Depth (cm)	Atmospheric deposition			Floods		
	0-15	30-40	50-60	0-15	30-40	50-60
Max. tolerable content	50.0 <sup>a</sup> ; 100.0 <sup>b</sup>					
Mean	74.5	51.3	48.2	3 363	3 056	2 736
Median	57.3	27.1	17.4	3 010	2 967	2 675
Minimum	3.85	2.05	1.37	120.0	59.0	54.5
Maximum	246.3	221.5	263.0	13 060	8 828	9 260
Standard deviation	66.2	59.0	63.8	2 744	2 343	2 226
Skewness	1.09	1.49	1.95	1.37	0.40	0.53
Transformed						
Mean (log <sub>10</sub> )	1.656	1.405	1.287	3.348		
Median (log <sub>10</sub> )	1.758	1.433	1.241	3.479		
Standard deviation (log <sub>10</sub> )	0.499	0.566	0.657	0.457		
Skewness (log <sub>10</sub> )	-0.55	-0.17	-0.14	-0.87		

<sup>a</sup>sandy soils, <sup>b</sup>other soils

IV. Results of multiple analyses of variation of metal concentrations in the area influenced by atmospheric deposition as the main source of contamination

Source of variation	D. F.	Cd		Pb		Zn	
		mean square	F-ratio	mean square	F-ratio	mean square	F-ratio
Transect	8	2.835	29.47***	4.610	29.01***	2.879	47.84***
Distance	2	0.787	8.18***	0.381	2.40	0.238	3.95*
Depth	2	1.779	18.49***	1.405	8.85***	1.030	17.12***
Bank	1	0.027	0.28	0.041	0.26	0.068	1.13
Residual	73	0.096		0.159		0.060	

analyses, three factors accounting for more than 90% of total variation were selected for both areas (Tabs IX and X); for the area polluted with floods rotation of axes by Varimax was used. In the projection of the first two factors for the area under influence of atmospheric

deposition (Fig. 5), the close relation between Cd and Zn could be seen very clearly. Distinct position of Pb, especially in the topsoil, was even more apparent while considering also the third factor. In the area under flood contamination (Fig. 6), in the contrary, relation of all

V. Results of multiple analyses of variation of metal concentrations in the area influenced by floods with contaminated water

Source of variation	D. F.	Cd		Pb		Zn	
		mean square	F-ratio	mean square	F-ratio	mean square	F-ratio
Transect	15	1.588	15.00***	1.340	12.68***	2.298	14.77***
Distance	2	1.997	19.23***	0.596	5.64**	4.045	26.00***
Depth	2	0.598	5.76**	0.722	7.40***	0.793	5.10**
Bank	1	0.289	2.78	0.688	6.51*	1.057	6.80**
Residual	224	0.104		0.106		0.156	

VI. Correlation matrix of metal concentrations in the area influenced by atmospheric deposition as the main source of contamination

Metal	depth (cm)	Cd			Pb			Zn		
		0-15	30-40	50-60	0-15	30-40	50-60	0-15	30-40	50-60
Cd	0-15	1.000								
	30-40	0.823	1.000							
	50-60	0.787	0.942	1.000						
Pb	0-15	0.728	0.618	0.594	1.000					
	30-40	0.675	0.849	0.858	0.706	1.000				
	50-60	0.690	0.813	0.889	0.695	0.930	1.000			
Zn	0-15	0.870	0.806	0.807	0.723	0.729	0.750	1.000		
	30-40	0.785	0.919	0.893	0.604	0.815	0.788	0.863	1.000	
	50-60	0.782	0.890	0.913	0.602	0.793	0.833	0.899	0.959	1.000

VII. Correlation matrix of metal concentrations in the area influenced by floods with contaminated water

Metal	depth (cm)	Cd			Pb			Zn		
		0-15	30-40	50-60	0-15	30-40	50-60	0-15	30-40	50-60
Cd	0-15	1.000								
	30-40	0.768	1.000							
	50-60	0.712	0.858	1.000						
Pb	0-15	0.872	0.734	0.678	1.000					
	30-40	0.775	0.853	0.824	0.798	1.000				
	50-60	0.751	0.807	0.815	0.691	0.889	1.000			
Zn	0-15	0.925	0.769	0.711	0.881	0.785	0.764	1.000		
	30-40	0.743	0.869	0.782	0.701	0.848	0.824	0.770	1.000	
	50-60	0.698	0.792	0.903	0.652	0.803	0.829	0.729	0.860	1.000

VIII. Principal components of the correlations between metal contents: their eigenvalues and percentage of total variability

Factor	Atmospheric deposition			Flood contamination		
	eigenvalue	% of variation	cumulative percentage	eigenvalue	% of variation	cumulative percentage
1	7.387	82.08	82.08	7.328	81.43	81.43
2	0.593	6.59	88.67	0.673	7.48	88.90
3	0.493	5.48	94.15	0.244	2.71	91.62
4	0.205	2.28	96.44	0.219	2.43	94.05
5	0.142	1.58	98.02	0.206	2.29	96.34
6	0.085	0.94	98.96	0.153	1.70	98.04
7	0.054	0.60	99.56	0.074	0.82	98.86
8	0.025	0.28	99.84	0.064	0.72	99.58
9	0.014	0.16	100.00	0.038	0.42	100.00

IX. Scores of first three factors and estimated communalities for the area influenced by atmospheric deposition as the main source of contamination

Metal	Depth (cm)	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communalities
Cd	0-15	0.875	0.225	-0.314	0.914
	30-40	0.944	-0.171	-0.040	0.922
	50-60	0.948	-0.217	0.048	0.948
Pb	0-15	0.759	0.614	0.135	0.972
	30-40	0.903	-0.029	0.377	0.959
	50-60	0.908	-0.035	0.351	0.949
Zn	0-15	0.914	0.129	-0.268	0.924
	30-40	0.941	-0.190	-0.133	0.939
	50-60	0.946	-0.186	-0.131	0.948

X. Scores of first three factors after rotation of axes by Varimax and estimated communalities for the area influenced by floods with contaminated water

Metal	Depth (cm)	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Communalities
Cd	0-15	0.858	0.320	0.310	0.935
	30-40	0.486	0.537	0.580	0.862
	50-60	0.405	0.807	0.368	0.950
Pb	0-15	0.868	0.233	0.329	0.917
	30-40	0.513	0.405	0.708	0.929
	50-60	0.427	0.469	0.700	0.892
Zn	0-15	0.847	0.329	0.334	0.938
	30-40	0.434	0.508	0.658	0.880
	50-60	0.376	0.797	0.407	0.943

the three metals was very close in the topsoil, while the difference between Pb on one hand and Cd and Zn on the other was more important in the deeper layers.

Factors and processes controlling the metal distribution in soil differ between the two areas distinguished. Based on all the obtained data, the following interpretation of calculated factors was suggested. In the area influenced by atmospheric deposition, as the first factor was considered the factor of homogeneity of metal distribution in soils. Due to surface contamination, scores of this factor for topsoil metal contents were lower than for subsoil. The second factor was considered as the factor of atmospheric contamination and surface accumulation of metals. That accumulation was the most important for Pb so that score of that factor was highest for Pb in topsoil, for Zn as the most mobile metal the score was found lowest. As the third factor was considered the factor of parent rock influencing mainly content of Pb and also a little content of Cd especially in deeper layers. In the area polluted by floods of contaminated water, the first factor was supposed to be the factor of surface contamination. The second factor was supposed to be the factor of metal mobility which was bigger for Zn and Cd than for lead. The third factor was supposed to be the factor of contamination in the intrinsic soil layers. This factor was distinguished because of a very long time of metal producing in the

region during which the metals from both atmospheric and liquid deposition could be accumulated in the soil and transformed by pedogenic processes into less mobile forms persisting in the soil.

#### Acknowledgement

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

#### REFERENCES

- BRADLEY, S. B. – COX, J. J.: Heavy metals in the Hamps and Manifold Valleys, North Staffordshire, U. K.: Distribution in flood plain soils. *Sci. Tot. Envir.*, 50, 1986: 103–128.
- FÖRSTNER, U.: Metal speciation in solid wastes – factors affecting mobility. In: LANDNER, L. (ed.): Speciation of metals in water, sediment and soil systems. Berlin, Springer Verlag 1987: 13–41.
- KOZÁK, J. – JANKŮ, J. – JEHLÍČKA, J.: The problems of heavily polluted soils in the Czech Republic: A case study. In: SALOMONS, W. – FÖRSTNER, U. – MADER, P. (eds): Heavy metals – problems and solutions. Chapter 17. Berlin, Springer Verlag 1995: 287–300.

- NĚMEČEK, J. – PODLEŠÁKOVÁ, E. – HÁLOVÁ, G.: Pozadí obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách ČR (obsahy v extraktu 2M HNO<sub>3</sub>). Rostl. Výr., 41, 1995: 25–29.
- PAVEL, L. – KOZÁK, J.: Zhodnocení kontaminace půdy těžkými kovy metodami vícerozměrné statistické analýzy. Rostl. Výr., 35, 1989: 897–904.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – HÁLOVÁ, G.: Zátížení nívních půd Labe rizikovými látkami. Rostl. Výr., 40, 1994a: 69–80.
- PODLEŠÁKOVÁ, E. – NĚMEČEK, J. – VÁCHA, R.: Kontaminace půd severočeského regionu rizikovými prvky. Rostl. Výr., 40, 1994b: 123–130.
- WEBSTER, R. – ATTEIA, O. – DUBOIS, J.-P.: Coregionalization of trace metals in the soil in the Swiss Jura. Eur. J. Soil Sci., 45, 1994: 205–218.
- MŽP ČR: Vyhláška MŽP, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Sb. 13/1994, č. 4, s. 88.

Received on June 13, 1996

---

*Contact Address:*

Ing. Luboš Borůvka, Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 51, fax: 02/338 27 56

---

# THE MATHEMATICAL MODEL (BPS) FOR PREDICTION OF PESTICIDE BEHAVIOUR IN SOILS

## MATEMATICKÝ MODEL (BPS) PRO PREDIKCI CHOVÁNÍ PESTICIDŮ V PŮDÁCH

J. Kozák, O. Vacek

*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** The prediction model BPS (Behaviour of Pesticides in Soils) is described in details. The model consists of three databases and four computing modules. The databases contain data, necessary for the model, i.e. pesticides characteristics, soil type characteristics and climate data. The computing modules include module for estimation of input data (based on information available in databases), module for correction of input data, central computing module and the module for data processing and graphical and numerical output. The central computing module is based on the mathematical model CALF. The module for results processing and graphical and numerical output presents calculated results in a form of data sets or in a graphical form, which is very instructive and user-friendly. Interpretation of results could be also performed in a form of specialised maps. This interpretation requires the GIS system, including digitised form of soil map. The BPS model and the soil GIS of the Czech Republic are connected by means of the soil database, which is common for both systems. At present interpretation is possible in soil map 1 : 500 000. The model was tested under laboratory and field conditions and examples of results obtained for atrazine are shown. The results indicated, that BPS model, even in first version, could be considered as a useful tool for prediction of pesticide behaviour in soil.

simulation model; pesticide behaviour in soils; soil GIS application

**ABSTRAKT:** Je detailně popsán predikční model BPS (Behaviour of Pesticides in Soils). Tento model sestává z tří databází a čtyř výpočtových modulů. Databáze obsahují data nezbytná pro model, tj. charakteristiky pesticidů, půdních typů a údaje o počasí. Výpočtové moduly zahrnují modul pro odhad vstupních dat (založený na informacích dostupných v databázích), modul pro korekci vstupních dat, centrální výpočtový modul a modul pro zpracování výstupních dat, včetně grafických výstupů. Centrální výpočtový modul je založen na matematickém modelu CALF. Modul pro zpracování výstupních dat vytváří datové soubory nebo grafické výstupy, které jsou velmi instruktivní a uživatelsky „přátelské“. Výsledky mohou být též interpretovány ve formě účelových map, což vyžaduje GIS o půdě včetně digitalizované mapy. V současné době je k dispozici interpretace v měřítku 1 : 500 000. Model byl též testován v laboratorních i polních podmínkách. V práci jsou uvedeny příklady výsledků pro atrazin. Získané výsledky naznačily, že BPS model dokonce i v první verzi může být považován za užitečný nástroj pro predikci chování pesticidů v půdách.

simulační model; chování pesticidů v půdách; aplikace GIS o půdě

### INTRODUCTION

The use of pesticides is very cost efficient for pest treatment. The most important environmental problems occur for pesticides that are very persistent or very mobile. In some cases improper handling of chemicals has been identified as a source of environmental contamination. The occurrence of pesticides in groundwater revealed the limitation of our current understanding of transport processes in soils. It became evident that results obtained in the laboratory may not always be applied to the field situation. Therefore, more and more studies were conducted in the field. Jury, Flüher (1992) showed, that in many of the studies, pesticides

moved deeper into the soil than expected, based on laboratory measurements. Spatial variability or preferential flow phenomena have been hypothesised to be responsible for the inconsistencies between many laboratory and field studies.

The most sensitive areas are the regions with sandy soils poor in organic matter as well as the regions with heavy clays that form cracks when dry, thus allowing bypass flow (Jones, 1995; Teller, 1995). Measurements that need to be taken are integrated pest management, selection of pest – resistant species for crops, banning of persistent and very mobile pesticides, banning of broad spectrum pesticides. An example of concerted action is that of Denmark, which aims, by

the use of expert-systems, to reduce pesticide consumption by 50% by January 1997 without decreasing the farmers revenue (Teller, 1995).

There exist many models for prediction of both – behaviour and movement of pesticides in soils. They differ in principles on which they are based and their aims. The available models were recently classified by Gustafson (1994) into two groups: screening models (empirical, based on a number of severe simplifying assumptions); simulation models (need for considerable computational resources) they generally attempt to describe the behaviour of the pesticide as a function of time and at least one dimension. Models for behaviour of pesticides in soil should be able to calculate: (a) equilibrium levels in soil taking into account the number of applications, (b) equilibrium levels in soil where accumulation occurs, (c) total and bioavailable concentrations in the plough layer, (d) leaching to groundwater, (e) behaviour in the saturated zone and (f) concentration at the water table.

Based on reviewed literature, Flury (1996) emphasised that when evaluating guidelines or rules to minimise risk of loss of pesticides, the variability of chemical properties and field sites should be considered. Mapping soil units according to their risk to lose pesticides is a challenging task. Gustafson (1994) pointed in that respect that GIS (Geographical Information Systems) are currently being employed to develop modelling predictions tied to local soil, water and cropping conditions.

A possible way to exploit GIS for interpretation of the results, provided by a simulation model lays in application of the so-called pedotransfer functions, which are optimised for a variety of soil properties and land qualities in the form of programmable algorithms. Wagniet et al. (1991) pointed out that these algorithms, once they are established as reliable and accu-

rate approaches, provide the opportunity to estimate key relationships that greatly simplify the minimum taxonomic data required by modellers.

The aim of this paper was: to introduce BPS model, to present examples of its testing, to indicate the possibility to use the model as an interpretation tool of soil GIS.

## METHODS

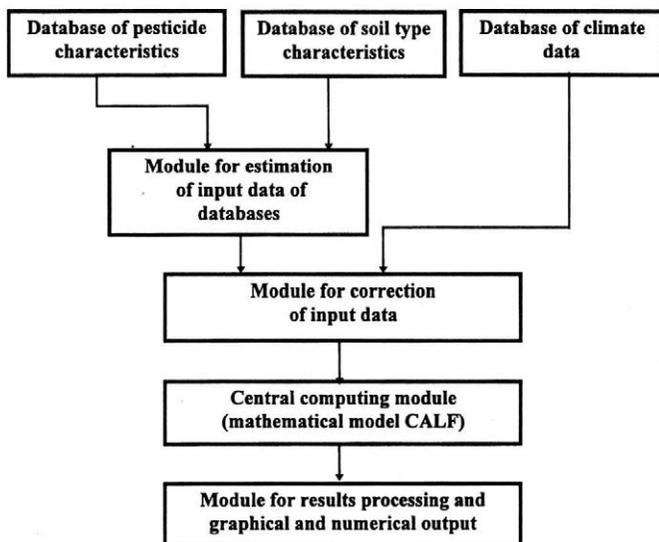
### THE BPS MODEL

The BPS model (Behaviour of Pesticides in Soils) consists of three databases and four computing modules. The three databases contain data, necessary for the model, i.e. pesticides characteristics, soil type characteristics and climate data. The computing modules include module for estimation of input data (based on information available in databases), module for correction of input data, central computing module and the module for data processing and graphical and numerical output. The central computing module is based on the mathematical model CALF (CALculates Flow), described by Nicholls et al. (1982). The BPS model is in this respect very flexible and as a central computing module can be used the other mathematical model, available for the user. The structure of BPS model is schematically shown in Fig. 1.

### THE TESTING CONDITIONS

#### Laboratory test

As a testing pesticide was chosen atrazine, used widely as a standard compound. Its main characte-



1. Structure of BPS model

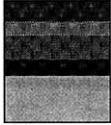
Arenic Cambisol  
Arenic-albic Luvisol  
Arenic-dystric Cambisol  
Arenic-dystric Cambisol (sat.)  
Arenic-haplic Chernozem  
Calcic Chernozem  
Cambic Podzol  
Cambic Stagnosol  
Dystric Cambisol (shales)  
Dystric Cambisol (flysh)

↑  
◆  
↓

OK  
Cancel

---

Soil type: Haplic Luvisol (loess)  
Abbreviation: H<sub>1</sub>H<sub>1</sub>  
Substrate: loess  
Texture: H  
Samples: 80



■ Ap  
■ EB  
■ Bt  
■ BC  
■ C

---

Horizon	Ap	EB	Bt	BC	C
Depth [cm]	26 ±3.9	42 ±6.1	73±11.5	93±15.3	150 ±8
Texture < 1 μm [%]	17.5 ±4.1	17.5 ±4.1	28.6 ±4.3	28.6 ±4.3	18.5 ±4.6
Texture 1-10μm [%]	36.1 ±5.3	36.1 ±5.3	44.5 ±5.9	44 ±5.9	36.8 ±6.5
Humus [%]	1.8 ±0.4	0.9 ±0.3	0.5 ±0.2	0 ±0	0 ±0
CEC [mmol(+)/100g]	16.4 ±2.9	16.4 ±2.9	20.3 ±3.5	20.3 ±3.5	14.6 ±3.2
pH KCl	6.5 ±0.6	6.5 ±0.6	6.4 ±0.4	6.4 ±0.4	7.2 ±0.2
Base saturation[%]	85 ±9.7	85 ±9.7	89 ±7.6	89 ±7.6	100 ±0

2. The communicative window of BPS model (soil characteristics)

istics, necessary for the model are given in the section Results. The soil used was classified as cambic Arenosol (locality Červená Piska). The samples of Ap horizon were collected, particle size fraction < 2 mm was separated and used for filling special glass column, 30 cm long. The amount of atrazine solution, corresponding to the dose 4 kg/ha (0.9 kg/ha of active ingredient) was applied on the top of column and unsaturated water flow was performed. The distribution of atrazine in the soil column was determined by means of gas chromatography. Details see in Kozak et al. (1988).

#### Field test

The BPS model was also tested under field conditions. An example is given in our paper. The experiment was conducted at the locality Kutná Hora. The herbicide atrazine was applied at the dose of 1.8 kg/ha on May 15, 1994 and the soil profile was sampled for determination of atrazine concentration on October 4, 1994. The soil of testing field was classified as orthic Luvisol. The main soil characteristics are given in the section Results.

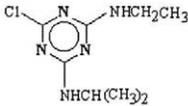
### RESULTS AND DISCUSSION

The database of soil characteristics includes data on 70 soil types and subtypes and soil families (parent materials) most common for the soil cover of the Czech Republic. The data in the database are of two types: the data necessary for BPS model and the informative data helping the user to identify the soil classification unit under study. The data necessary for prediction model are: soil texture, list of diagnostic horizons and their

thickness (cm), content of clay particles < 1 μm, content of particles 1 to 10 μm, humus content, pH<sub>KCl</sub> and CEC. The informative data include information on parent material, number of analysed soil profiles, used for calculation of the mean data, variation coefficient of each data set, and the value of relative base saturation of soil sorption complex. The classification of the soils in database of soil type characteristics was based on the Morphogenetic classification system (Czech version) or on the FAO soil classification system (English version), respectively. The example of data of orthic Luvisol used in our study, in the form of communicative window of the described software is given in Fig. 2.

The database of pesticides characteristics includes also both the necessary and the informative data. The data necessary for BPS model are: solubility,  $K_{ow}$  coefficient (distribution between octanol and water), half live of degradation and results of correlation analysis. The last mentioned data serve as a base of prediction of adsorption coefficient, could be checked by the user, however it is not allowed to change it. The informative data include: common name of the compound molecular formula, „family“ of chemicals, melting point, molecular weight and chemical name. The example of the data set for atrazine is given in Fig. 3. The data were taken from Worthing, Hance (1991).

The database of climate data includes only data necessary for the BPS model: maximal temperature, mean maximal temperature, minimal temperature, mean minimal temperature, maximum rainfall, sum of rainfall and average rainfall. It is recommendable to introduce the climate data of the nearest meteorological station of the locality, for which the model is supposed to be used. In the case that such data set is not available, the user can exploit one of six data sets, representing years, which were classified according to the weather



2,4,5-T

2,4-D

Alachlor

Atrazine

Bromoxynil

Carbendazim

Cinosulfuron

Cyanazine

Dicamba

Difenoxuron

Dichlorbenil

Dichlorprop

Chlorbromuron

Chloridazon

Chlorotoluron

Chlorpyrifos

Chlorsulfuron

Ioxynil

Linuron

Common name	Atrazine						
Molecular formula	C8H14ClN5						
'Family' of chemicals	triazine herbicides						
m.p. °C	175-177						
Molecular weight	215.7000						
Solubility in H <sub>2</sub> O (mg/l)	30						
Kow	219						
Time of degradation (days)	105						
Chemical name							
2-chloro-4-(ethylamino)-6-(isopropylamino)-s-triazine							
Matrix of results of corr. analysis							
12.0620	64.1350	1.3330	89.2620	0.2087	10	0	0.9070
-0.0450	0.0521	11.2830	0.0178	0	0	0	-0.1270
1.0540	-0.0510	12.0170	-0.0152	0.0205	0	0	0.4840
0.3200	-0.7997	6.4900	-0.1237	0.0977	0.9612	0	-0.0800
-2.5300	0.1215	1.1630	-0.0770	-0.0148	0.6983	14.3500	0.6500

3. The communicative window of BPS model (pesticide characteristics)

(during vegetation period) as: with normal precipitation (wet), very wet (vwet), dry (dry), with normal temperature (warm), cold (cold) and very warm (vwarm). The expressions in brackets denote the names of files containing climate data and are also used in following tables. The example of climatic data in form of communicative window of BPS model is given in Fig. 4.

The module for estimation of input data of databases exploits both the data of soil and pesticide characteristics databases for estimation of  $K_f$  value (adsorption coefficient of Freundlich adsorption isotherm).

The estimation is based on the multidimensional linear regression and correlation analysis. The following equation was used:

$$K_f(\text{estimated}) = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4$$

Where:  $B_0$  = absolute member,  $B_1$  = regression coefficient for clay particles ( $< 0.002 \mu\text{m}$ ),  $B_2$  = regression coefficient for CEC (cation exchange capacity,  $\text{mmol} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ ),  $B_3$  = regression coefficient for  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ,  $B_4$  = regression coefficient for  $C_{\text{org}}$  (organic carbon).  $X_1, X_2, X_3, X_4$  represent values of the above-mentioned data, extracted from the soil characteristics databases. Details of the estimation procedure are given in Kozák et al. (1992).

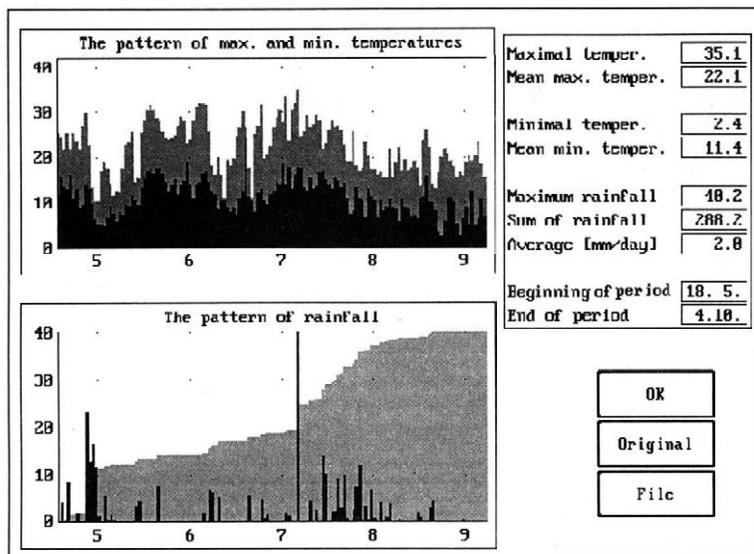
The data for calculation of multidimensional regression coefficients were gained from laboratory experiment performed by the authors and from scientific literature. In the case that no data of regression coefficients are available, the user can make rough estimation based on similarity of characteristics of compound under study ( $K_{ow}$  or solubility in water) to the other compound included in database, and use those data.

The module for correction of input data makes it possible to correct input data with exception of climate

data, which are corrected already in the database of climate data. The example of input data for the BPS model is given in Fig. 5.

The central computing module is based on mathematical model CALF (Nicholls et al., 1982). This model divides soil profile into 1 cm thick layers and calculates transport of pesticide compound between the neighbouring layers. The calculation is based on simulation of water transport through the soil profile and on the distribution of chemical between solid and liquid phases of soil. The shortest time interval of simulation is 1 day. There are the two major changes of the CALF model, done by the authors. The original model was written in programming language BASIC. The presented model is written in Turbo C++ language. This change increased the speed of calculation and improved the possibility of graphical output. The second major change lays in fact that our version takes into account all the soil horizons and its changing characteristics, whereas the original version considers the soil profile as a homogeneous layer. This improvement is very important, because the pronounced influence of the depth of soil profile on sorption and degradation of pesticides was reported by many authors, recently by Buyanovsky et al. (1993).

The BPS model is built as a flexible system so that it is possible to replace the CALF model by the other model, available for the user. The module for results processing and graphical and numerical output presents calculated results in a form of data sets or in a graphical form, which is very instructive and user-friendly. Interpretation of results could be also performed in a form of specialised maps. This interpretation requires the GIS system, including digitised form of soil map. The BPS model and the soil GIS of the Czech Republic are connected by mean of the soil database, which is



4. Communicative window of BPS model (climate data)

Type of climate:   
 Soil type:   
 Name of pesticide:

The applied amount of pesticide [kg/ha]:   
 The initial soil moisture [%]:

Horizon	Ap	EB	Bt	BC	C
Texture(<1 μm [%])	17.5	17.5	28.6	28.6	18.5
Humus [%]	1.8	0.9	0.5	0	0
CEC[mmol(+)/100g]	16.4	16.4	20.3	20.3	14.6
pH (KCl)	6.5	6.5	6.4	6.4	7.2
Degradation[days]	105	105	105	105	105
KD (distr. coeff.)	2.1	1.1	1.7	1.2	0

Name of output file:

5. Communicative window of BPS model (input data)

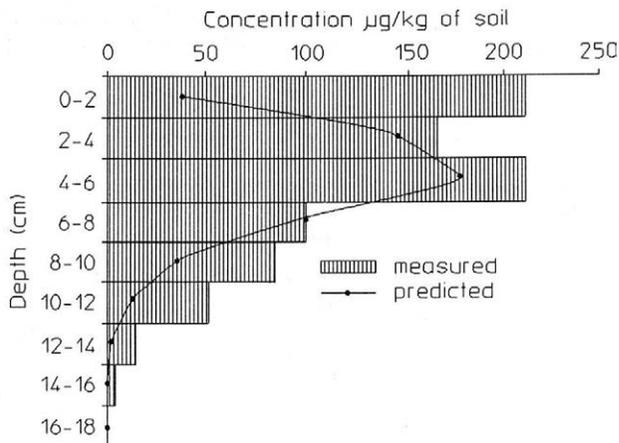
common for both systems. At present interpretation is possible in soil map 1 : 500 000. The predicted depth of selected concentration of a pesticide after selected time interval after application could be shown in geographical dimension. This way of results interpretation is being improved by the authors.

#### Laboratory testing

Testing of suitability of a simulation model and of reliability of predicted values represent a serious problem. Much easier situation is in the case of the laboratory tests. The condition of pesticide adsorption, degradation and movement can be more or less controlled. The BPS model was at first tested on laboratory columns. As an example of that tests results of soil column

filled by disturbed soil material of Ap horizon (< 2 mm particles) of cambic Arenosol are shown. The dose of applied atrazine was equivalent to 4 kg/ha. The texture of soil was classified as loamy sand, the humus content was 1.8%. The unsaturated water flow was applied for the period of 60 days. Details on methodology of experiments and soil characteristics are given in Kozak et al. (1988). The results are given in the graphical form in Fig. 6.

The criteria for evaluation of simulation results were discussed in details by Styczen (1995). He suggested in the case of lysimeter studies (similar to soil column tests) to carry out the following tests: 1. visual comparison of measured and simulated concentrations; 2. comparison of peak concentrations (daily values) and weekly averaged concentrations; 3. comparison of



6. The measured and predicted distribution of atrazine in the soil column after 60 days of leaching

1. The results of laboratory testing

Layer No.	Depth (cm)	Concentration of atrazine				Difference of predicted and measured (%)
		measured		predicted		
		% of applied	µg/layer	% of applied	µg/layer	
1	0-2	17.17	213.98	2.72	33.90	84.16
2	2-4	13.60	169.49	11.95	148.95	12.12
3	4-6	17.26	215.04	14.50	180.60	16.01
4	6-8	8.08	100.64	8.32	103.64	-2.98
4	8-10	6.97	86.86	2.88	35.84	58.74
5	10-12	4.00	49.79	0.68	8.50	82.93
6	12-14	1.01	12.61	0.12	1.51	88.02
7	14-16	0.32	4.03	0.01	0.15	96.25

accumulated pesticide leaching; 4. comparison of residual pesticide content.

As it is apparent from Fig. 6, the distribution of atrazine in the soil column was simulated relatively well. The largest differences between predicted and measured atrazine concentration was found in the top layer of the column. The following explanation of this finding is suggested. The atrazine was applied on the top of soil column in such concentration, which led to formation of undissolved herbicide particles. Under the condition of unsaturated water flow the water content of the top layer was not high enough to dissolve all the herbicide. Very valuable is also the calculation of differences of predicted and simulated concentrations. The results of such calculation are given in Tab. I.

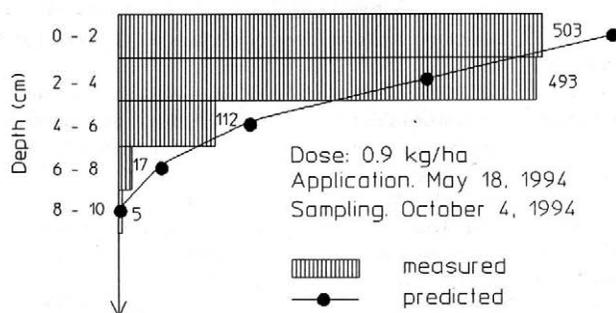
The comparison of the percentage of measured and simulated concentration (expressed as percentage of applied amount of atrazine) in studied layers confirms relatively good agreement of both values. The percentage of the difference between predicted and measured amount (the last column of Tab. I) showed that in the lower layers the error in prediction increased. This could be explained by the increasing error of the analytical determination because of low concentrations and

partially by the fact that the BPS in that case a little bit underestimated the rate of atrazine degradation.

#### Field testing

The primary aim of the simulations models is to predict the behaviour of pesticides under field conditions. The criteria for assessment of validation and model applicability were discussed in some details by S t y c z e n (1995). The author emphasised that it may be necessary to operate with two different assessments: 1. The validation status may be assessed from the probability of a sufficiently accurate model estimation of the pesticide concentration in groundwater within the range of validity of the computer code. 2. In order to assess the applicability of the model for registration purposes (within EU), however, it is necessary also to assess the coverage of the model compared to the range of conditions. In our case the model was tested under field conditions, an example of which is described briefly in the section Methods. The results of that test are shown in the graphical form in Fig. 7.

The field testing of BPS model, as it is apparent from the data in Fig. 7, showed good ability of it to



## II. The results of field test using available sets of climate data

Depth (cm)	Concentration of atrazine ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) predicted						
	measured	dry	wet	vwet	cold	warm*	vwarm
0-2	503	1 932.14	789.29	142.86	996.43	560.71	789.29
2-4	493	46.43	432.14	232.14	360.71	382.14	303.57
4-6	112	0.00	92.86	235.71	57.14	153.57	71.43
6-8	17	0.00	10.71	157.14	3.57	42.86	10.71
8-10	5	0.00	0.00	75.00	0.00	10.71	0.00
10-12	0	0.00	0.00	28.57	0.00	0.00	0.00

\* the set of data used for prediction

## III. The relative differences between measured and predicted concentrations gain by exploiting available sets of climate data

Depth (cm)	Differences between measured and predicted concentrations (%)					
	dry	wet	vwet	cold	warm*	vwarm
0-2	284.1	60.1	-71.6	98.1	11.5	56.9
2-4	-90.6	285.8	-52.9	-26.8	-22.5	-38.4
4-6	0.0	446.2	110.5	-49.0	37.1	-36.2
6-8	0.0	114.3	824.4	-79.0	152.1	-37.0
8-10	0.0	0.0	1 400.0	0.0	114.3	0.0
10-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\* the set of data used for prediction

predict the distribution of atrazine in soil profile. It must be taken into account, that the measured data were gained from one pit only. Some differences may be caused by spatial variability of soil characteristics and by differences in applied amount. The application was done by common farmers equipment, which certainly could show some errors in spatial distribution of atrazine. In Tab. II measured and predicted concentrations are given, using climate data sets, available in BPS database. The most suitable data (most similar to climate data of the locality under study) were that of warm year (normal temperatures). In Tab. III calculated differences between measured and predicted concentrations are shown.

It is clearly shown, how much the pesticide distribution in the soil profile is influenced by climate. In case of warm climate, data of which were used for

simulation, relatively low differences were found, especially if the above mentioned facts are taken into account. The higher predicted concentrations of atrazine could be also explained by underestimation of adsorption by the model. In case, the real climate data, measured at the meteorological station near to the studied locality would be used, one could expect further improvement of the results. It could be concluded, that BPS model, even in first version could be considered as a useful tool for prediction of pesticide behaviour in soil.

### Acknowledgement

This research was partially supported by the grant project of the Czech Grant Agency number 502/94/1798.

## REFERENCES

- BUYANOVSKY, G. A. – GAJDA, A. M. – KREMER, R. J. – PIECZONKA, G. J.: Effect of soil depth on carbofuran and aldicarb degradation. In: Sorption and degradation of pesticides and organic chemicals in soil. SSSA Spec. Publ. (Wisconsin), 1993 (32): 65–72.
- FLURY, M.: Experimental evidence of transport of pesticides through field soils. *Rev. J. Envir. Qual.*, 25, 1996: 25–45.
- GUSTAFSON, D. I.: New advances in predicting pesticide fate and transportation. In: COPIN, A. – HOVINS, G. – PUSSEMIER, L. – SALEMBIER, J. F.: Environmental behaviour of pesticides and regulatory aspects. *Europ. Stud. Serv.*, 1994: 453–458.
- JONES, R.: Recommendations for using soil leaching models in regulatory environmental risk assessments. In: SINE: Leaching models and EU registration. The final report of the work of the Regulatory Modelling Work group of FOCUS (doc. 4952/VI/95), 1995: 111–115.
- JURY, W. A. – FLÜHER, H.: Transport of chemicals through soil: Mechanisms, models, and field applications. *Adv. Agron.*, 47, 1992: 141–201.
- KOZÁK, J. – VALLA, M. – PROKOPEC, V. – VACEK, O.: Prediction of the role of soil organic matter and some other soil characteristics in herbicide adsorption. In: KUBÁT, J. (ed.): *Humus, its structure and role in agriculture and environment*. Amsterdam, Elsevier Sci. Publ. 1992: 165–169.
- KOZÁK, J. – ZÁSMĚLOVÁ-SVOBODOVÁ, S. – BABIČKA, L.: A model for atrazine transport in soil column under laboratory conditions. *Sbor. VŠZ, Řada A*, 49, 1988: 109–121.
- NICHOLLS, P. M. – WALKER, A. – BOKER, R. J.: Measurement and simulation of the movement and degradation of atrazine and metribuzine in a fallow soil. *Pest. Sci.*, 1982 (12): 484–494.
- STYCZEN, M.: Validation of pesticide leaching models. In: SINE: Leaching models and EU registration. The final report of the work of the Regulatory Modelling Work group of FOCUS (doc. 4952/VI/95), 1995: 85–104.
- TELLER, A.: The state of the soil in Europe. In: KING, D. – JONES, R. J. A. – THOMASSON, A. J. (eds): *European land information systems for agro-environmental monitoring*. Jt Res. Cent., EU, ECSC-EC-EAEC, Brussels, Luxembourg, 1995: 31–39.
- WAGENET, R. J. – BOUMA, J. – GROSSMAN, R. B.: Minimum data sets for use of soil survey information in soil interpretive models. In: MAUSBACH, M. J. – WILDING, L. P.: *Spatial variability of soils and landforms*. SSSA Spec. Publ. (Madison, Wisconsin), 1991 (28): 161–182.
- WORTHING, C. R. – HANCE, R. J. (eds): *The pesticide manual. A world compendium*. Brit. Crop Protec. Coun., 9th ed., Farnham, 1991: 1141 pp.

Received on June 24, 1996

---

### Contact Address:

Prof. Ing. Josef Kozák, DrSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: 02/338 27 57, fax: 02/34 44 18

---

# IRRIGATION TIMING BY MEANS OF SIMPLE MODEL OF CANOPY WATER REGIME

## URČENIE TERMÍNU ZAVLAŽOVANIA POMOCOU MATEMATICKÉHO MODELU VODNÉHO REŽIMU PORASTU

J. Huzulák<sup>1</sup>, F. Matejka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Plant Production, Piešťany, Workplace Bratislava, Slovak Republic

<sup>2</sup>Geophysical Institute, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic

**ABSTRACT:** Irrigation timing is based on determining the plant water stress by means of canopy water regime model. This model, consisting of three non-linear algebraic equations, enables to quantify the effect of soil, hydrologic and atmospheric factors under winter wheat water regime. The input data are as follows: global radiation, air temperature, air humidity, wind speed and soil moisture. The model also enables to quantify the role of root system in irrigation scheduling.

model; irrigation; root system; water regime; winter wheat

**ABSTRAKT:** Určenie termínu zavlažovania je založené na stanovení vodného deficitu rastliny pomocou matematického modelu vodného režimu porastu. Model, pozostávajúci z troch nelineárnych algebraických rovníc, umožňuje kvantifikovať vplyv pôdných, hydrologických a atmosférických faktorov na vodný režim ozimnej pšenice. Vstupnými údajmi sú globálne žiarenie, teplota a vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra a pôdna vlhkosť. Model tiež umožňuje kvantifikovať vplyv koreňového systému na riadenie zavlažovania.

model; vodný režim; koreňový systém; zavlažovanie; ozimná pšenica

### INTRODUCTION

One of the main problems in scientifically sound plant water management is to determine the time when irrigation should be applied. Of three alternative approaches to irrigation scheduling, based on (i) monitoring water content of soil, (ii) monitoring weather and calculating water losses from soil by evapotranspiration, and (iii) measuring plant water deficit (Hill, 1991), we preferred the third one. Therefore, we tried to find answers to irrigation problems in the plant alone. Such a problem can be solved only by evaluating relationships of plant water regime to soil and atmospheric environment characteristics, using a mathematical model.

The root system is important for the water status of both the plant and the soil. Root system has to cover the demand in water loss by transpiration, and transpiration directly influences crop production. The interpretation of field data is difficult because of inability to measure field transpiration, as well as the omission of the measurement of root systems characteristics. The aim of the present paper is to use a simple model of plant water regime for calculation of transpiration, characterization of root system and determination of irrigation timing.

### Model description

Theoretical analysis of the problem is based on a mathematical model of plant transpiration in conditions of soil water deficit (Bichelle et al., 1980). This approach was modified to obtain a crop model for winter wheat (Huzulák, Matejka, 1989; Matejka, Huzulák, 1995).

The model is formed as a closed system of three non-linear algebraic equations, where leaf water potential, canopy resistance and evapotranspiration are unknowns. The input data are: global radiation, air temperature, air humidity, wind speed and soil moisture. For illustration, we present these three equations:

Our view of water transport in the soil – plant – atmosphere system is based on Darcy's law, continuity equation and on assumption that the effect of plant water reserve on transpiration can be neglected. This leads to the following equation

$$\frac{1}{-\psi_S} = \frac{1}{-g \cdot r_P \cdot E - \psi_L} + \beta \cdot E \quad (1)$$

where:  $\psi_S$  is soil water potential (Pa),  $g$  is gravitational constant ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ),  $r_P$  is plant resistance ( $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$ ),  $E$  is water vapour flux ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $\psi_L$  is leaf water potential (Pa).

The value of parameter  $\beta$ , which characterizes root system, is defined by the formula

$$\beta = \frac{g \cdot r \cdot \ln \frac{d}{r}}{a \cdot N \cdot S_R} \quad (2)$$

where:  $r$  is root radius (m),  $d$  is half distance between neighbouring roots (m),  $a$  is parameter in the relationship between soil hydraulic conductivity and soil water potential ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^2$ ),  $N$  is density of plants ( $\text{plant} \cdot \text{m}^{-2}$ ),  $S_R$  is root surface area of one plant ( $\text{m}^2$ ).

Transpiration  $E$  depends on stomatal resistance of the canopy and on external factors according to the Penman-Monteith relationship (Monteith, 1973)

$$\lambda \cdot E = \frac{\delta \cdot r_a \cdot (R - P) + \rho \cdot c_p \cdot D}{\delta \cdot r_a + \sigma \cdot (r_a + r_c)} \quad (3)$$

where:  $\lambda$  is latent heat of vaporization of water ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),  $\delta$  is change of saturation vapour pressure with temperature ( $\text{Pa} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $r_a$  is atmospheric resistance ( $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$ ),  $R$  is net radiation ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),  $P$  is heat flux into the soil ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),  $\rho$  is air density ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $c_p$  is specific heat of the air ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $D$  is vapour pressure deficit on the reference level (Pa),  $\sigma$  is psychrometric constant ( $\text{Pa} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $r_c$  is canopy resistance ( $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$ ).

Canopy resistance was expressed by equation

$$r_c = r_o \cdot e^{-m \cdot \Psi_L} \cdot \left( L + \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{1 + \frac{n}{Q_\tau}}{1 + \frac{n}{Q_\tau} \cdot e^{-\tau L}} \right)^{-1} \quad (4)$$

where:  $r_o$  is minimum stomatal resistance ( $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$ ),  $m$ ,  $n$  are parameters in the relation between stomatal resistance and leaf water potential (-), ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ),  $L$  is leaf area index ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ),  $\tau$  is attenuation coefficient for solar radiation (-),  $Q$  is global radiation ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Thus, relationships (1), (3) and (4) form a system of three equations with unknowns  $\Psi_L$ ,  $E$ ,  $r_c$ , which can be considered as a mathematical model, describing relationships of water canopy regime to soil, plant and atmosphere parameters. This system of equations cannot be solved analytically, therefore unknown variables must be found numerically.

#### Model verification

To verify the described model, experimental results obtained in the years 1986 to 1990 and 1992 to 1993 from the experimental field near Bratislava (lat. = 48° 08' N, long. = 17° 17' E,  $h = 130$  m above sea level) were used. Winter wheat grown on carbonate chernozem was used in the experiments. Of plant water regime characteristics, flag leaf water potential was measured using the psychrometric method (Wescor) and stomatal resistance was measured by a porometer (Delta-T Devices). Measurements were carried out on days without rainfall at 9.00 and 13.00 CET. At the same time vertical profiles of temperature, air humidity

and wind speed were recorded from measurements on four levels above the canopy. Using an automatic meteorological station, daily courses of global radiation and radiation balance were measured. The soil moisture was measured gravimetrically in layers 10 cm thick to the depth of 80 cm in weekly intervals and the mean soil moisture from 10 to 80 cm was calculated. Experimental field was divided into irrigated (by sprinkling) and non-irrigated part.

In the preceding paper (Matejka, Huzulák, 1995) comparison of measured and calculated values for leaf water potential was done. In this paper we will focus on comparison of transpiration data calculated by means of Penman-Monteith equation (Monteith, 1973) using real data of measured stomatal resistances, with hourly totals of the transpiration calculated according to the described model.

The basic statistical characteristics of compared data are presented in Tab. I. Fig. 1 gives a graphical repre-

I. Comparison of transpiration calculations obtained by Penman-Monteith equation and model simulations

	Minimum (mm/h)	Maximum (/mm/h)	Mean (mm/h)	Variance ( $\text{mm}^2/\text{h}^2$ )
P-M	0.074	0.582	0.309	0.013
Model	0.091	0.533	0.307	0.012

sentation of this comparison for the period of five consecutive years 1986 to 1990. The statistical relationship between both sets of compared data may be expressed by the linear function

$$y = 0.839x + 0.052$$

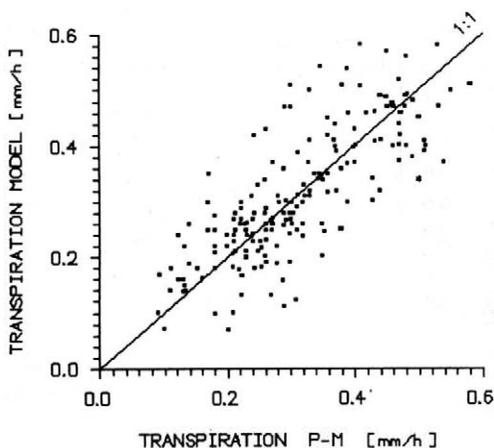
The correlation coefficient ( $r = 0.62$ ) is statistically significant. Hence, the mathematical model applied explains 79% of the hourly totals variability of the transpiration, calculated by means of the Penman-Monteith equation with measured stomatal resistances.

The standard deviation of differences between compared data sets is 0.071 mm/h which corresponds to probable error of 0.047 mm/h. The statistical characteristics contained in Tab. I prove that the systematic errors of the described model are negligible.

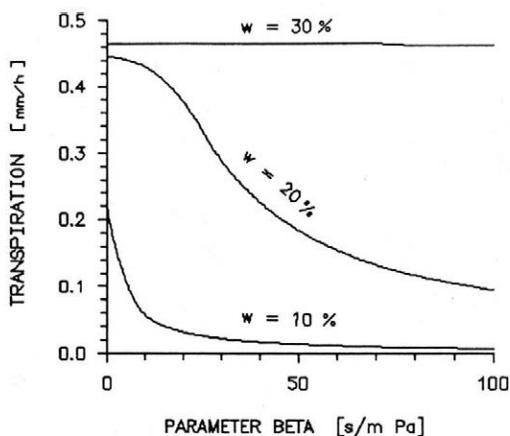
The comparison of modelled transpiration daily totals with corresponding data calculated according to the Penman-Monteith equation gives close results, so that the described mathematical model can be used for further analysis.

## RESULTS AND DISCUSSION

Irrigation is the application of water to meet part of the evapotranspiration demands of vegetation. The model enables us to simulate the dependence of transpiration on the soil moisture, atmospheric factors and root system development.



1. Comparison of the transpiration calculated by Penman-Monteith equation (P-M) and using mathematical model of water regime



2. Dependence of transpiration on parameter beta, characterizing root system development, for different soil moisture

Partial relationships of transpiration on different parameters of the soil – plant – atmosphere system will be simulated in meteorological conditions, corresponding to midday values on bright summer day (global radiation =  $800 \text{ W.m}^{-2}$ , net radiation =  $500 \text{ W.m}^{-2}$ , heat flux into the soil =  $50 \text{ W.m}^{-2}$ , air temperature =  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , vapour pressure deficit =  $1500 \text{ Pa}$  and wind speed =  $2.5 \text{ m.s}^{-1}$ ).

In addition to atmospheric factors, transpiration values are influenced by plant characteristics, especially by leaf area and the root system, characterized by the value of  $\beta$ .

Parameter of  $\beta$  values were calculated using equation (2). Two of three model unknowns –  $\psi_L$ ,  $E$  and  $r_L$  are known at the time of measurement. Parameters  $a$  and  $\beta$  in equation (1) can be considered as unknown instead of it and calculated.

Thus, degree of root system development in particular year can be characterized by one value. Increase in  $\beta$  value, caused mainly by decrease of root system area or by decrease of coefficient of soil hydraulic conductivity, means decrease of plant water availability. Obtained values of parameter  $\beta$  in experimental period were  $5.9$  to  $23.8 \text{ (mm}^{-1}\text{.h.MPa}^{-1}\text{)}$  for non-irrigated and  $76$  to  $137 \text{ (mm}^{-1}\text{.h.MPa}^{-1}\text{)}$  for irrigated winter wheat.

To make calculation of parameter  $\beta$  easier for practical use, we searched for relations between  $\beta$  and measured meteorological factors. We found closest relationship between average soil temperature in the depth of  $50 \text{ cm}$  from November to March ( $t_{50}$ ) and parameter  $\beta$  value, which can be expressed by the equation

$$\beta = 55.7 - 10.4 t_{50}$$

The correlation coefficient  $r = 0.97$ , so that 94% of  $\beta$  value fluctuation can be explained by average soil temperature in the depth of  $50 \text{ cm}$ .

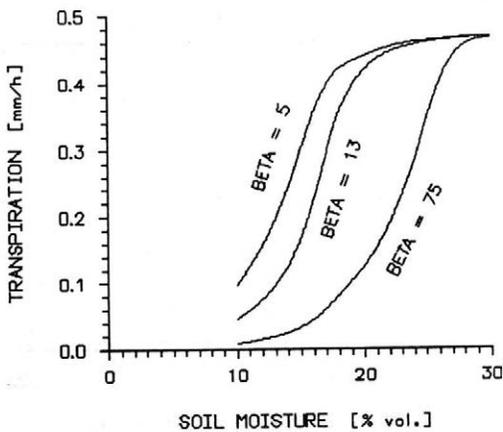
Root system expansion is a function of two temperature dependent processes, growth and development. In

natural soil profiles, root system expansion is affected by seasonal patterns of soil temperature. As soil warming advances downwards, progressively deeper soil layers become suitable for root growth (Kaspar, Bland, 1992). Temperature fluctuation in the depth of  $50 \text{ cm}$  is less than in higher layers. That is the reason for the best correlation between  $\beta$  and  $t_{50}$  values. Gregory et al. (1978) studied water relations of winter wheat and found that root dry weight increased exponentially till the end of March. At the beginning of April, roots were present to  $1 \text{ m}$ .

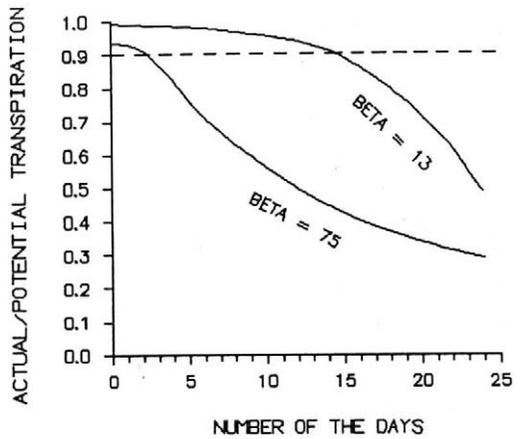
Let's try to simulate the dependence of transpiration on the soil moisture. The irrigated and non-irrigated winter wheat grew under the same soil and climatic conditions. In spite of this, the reply of plants to the soil moisture changes was quite different for the both variants (Fig. 2). The value of parameter  $\beta$  was chosen alternatively as  $5$ ,  $13$  or  $75$ , representing minimum and middle values for non-irrigated canopy and minimum value for irrigated winter wheat. McGowan et al. (1984) found that there were large differences from year to year in the root systems of three consecutive crops of winter wheat grown in the same field.

The effect of soil moisture content on changes of transpiration conditions was presented in non-irrigated canopy at soil moisture below 25%. It follows from Fig. 2 that the same level of transpiration for irrigated canopy (with higher  $\beta$ ) is considerably shifted to the higher values of soil moisture in comparison with non-irrigated winter wheat. This is important for the better understanding of the differences between the water regime of irrigated and non-irrigated plants.

The influence of root system on transpiration is depicted in Fig. 3. The pattern of curves can be interpreted so that the increase in the value of  $\beta$ , which may be caused by decrease in root area or the coefficient of hydraulic conductivity of the soil, means lower water availability for the plant. The root system has practi-



3. Dependence of transpiration on soil moisture (vol. %) for different developed root system



4. An example of model application in irrigation timing for previous irrigated ( $\beta = 75$ ) and non-irrigated ( $\beta = 13$ ) winter wheat canopy

cally no effect on transpiration in wet soil. The importance of the root system increases at lower soil moisture levels.

Shortages of water for irrigation increasingly become a problem. Irrigation timing is often realized according to empirical relations between soil moisture content and yield. This is not an absolutely correct approach, because soil water content is only one of factors that affect yield. Many other authors found that the ratio of actual to potential yield was directly related to the ratio of actual to potential transpiration. That's why we used this criterion for irrigation timing. We assumed the ratio of actual to potential transpiration from 0.85 to 0.9 as optimal value for irrigation (e.g. Ehlig, LeMert, 1976).

Fig. 4 presents computer output of our model which can be used for irrigation timing. We simulated changes in relationship between actual and potential transpiration for previously irrigated and non-irrigated winter wheat. The limit value indicating the conditions when irrigation should be applied was fixed at 0.9. The initial value of soil moisture was the same for both canopies. We expected mean meteorological conditions without precipitation. As we can see, canopy non-irrigated before will not be stressed during more than two weeks. Irrigated canopy should be irrigated again in two days. The difference is caused by root system which is well-established in non-irrigated canopy in comparison with irrigated one (Figs 2 and 3). The present time used irrigation scheduling systems rarely take into account these phenomena.

## REFERENCES

- BICHELE, Z. – MOLDAU, H. – ROSS, J.: Mathematical modelling of plant transpiration and photosynthesis under soil moisture stress. Leningrad, Gidrometeoizdat 1980. (In Russ.)
- EHLIG, C. F. – LeMERT, R. D.: Water use and productivity of wheat under five irrigation treatments. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 40, 1976: 750–755.
- GREGORY, P. J. – McGOWAN, M. – HUNTER, B.: Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 91, 1978: 91–102.
- HILL, R. W.: Irrigation scheduling. Modelling plant and soil systems. Madison, ASA-CSSA-SSSA 1991: 491–509.
- HUZULÁK, J. – MATEJKA, F.: A mathematical model of canopy water regime and possibilities of its application. *Meliorace*, 25, 1989: 123–130.
- KASPAR, T. C. – BLAND, W. L.: Soil temperature and root growth. *Soil Sci.*, 154, 1992: 290–299.
- MATEJKA, F. – HUZULÁK, J.: Analysis of relationships between winter wheat leaf water potential and atmospheric factors. *Biologia*, 50, 1995: 105–114.
- McGOWAN, M. – BLANCH, P. – GREGORY, P. J. – HAYCOCK: Water relations of winter wheat. 5. The root system and osmotic adjustment in relation to crop evaporation. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 102, 1984: 415–425.
- MONTEITH, J. L.: Principles of environmental physics. New York, Amer. Elsevier Comp. 1973.

Received on April 19, 1996

Contact Address:

RNDr. Jozef Huzulák, CSc., Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, pracovisko Bratislava, Vrakunská 29, 825 63 Bratislava, Slovenská republika, tel.: 07/24 80 00, fax: 0838/72 63 06

Bojňanská T.:		
	Bielkovinové frakcie vo vzťahu k vybraným ukazovateľom kvality ozimnej pšenice	
	Protein fractions in relation to selected quality traits of winter wheat .....	205
Borůvka L., Huan-Wei Ch., Kozák J., Křišťoufková S.:		
	Heavy contamination of soil with cadmium, lead and zinc in the alluvium of the Litavka river	
	Silná kontaminace půdy kadmíem, olovem a zinkem v nivě řeky Litavky .....	543
Braun B., Kasprzak K., Kolář I.:		
	Vliv porostu vojtěšky na povrchový odtok a vodní erozi	
	The effect of alfalfa stand on surface runoff and water erosion .....	375
Brestič M.:		
	Vodný režim, rastové a akumulčné procesy jarného jačmeňa	
	Water regime, growth and accumulation processes of spring barley .....	481
Čepl J., Vokál B.:		
	Vliv vybraných faktorů na počet hlíz jednoho trsu u brambor	
	Effects of selected factors on the number of tubers of single cluster in potatoes .....	433
Černohorská J., Kadlecová Z., Dvořák M.:		
	Vliv zastoupení vápníku a hořčíku v živném roztoku na toxicitu hliníku u ozimé pšenice	
	Effect of calcium and magnesium abundance in nutrient solution on aluminium toxicity in winter wheat .....	285
Debre F.:		
	Hodnotenie hybridných kombinácií zemiakov v prostredí hydroponie	
	Evaluation of potato hybrid combinations in hydroponics .....	217
Debre F., Brindza J.:		
	Genotypy zemiakov z pohľadu produkcie a úžitkovej hodnoty	
	Potatoes genotypes from the view of production and utility value .....	509
Fišerová H., Hradilík J.:		
	Produkce etylenu a etanu kalusovou kulturou révy vinné	
	Ethylene and ethane production by vine callus culture .....	517
Fišerová H., Hradilík J., Procházka S., Klemš M., Ráčilová A.:		
	Formation of ethylene, ethane and abscisic acid content in relation to dormancy of spring barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) kernels	
	Produkce etylenu, etanu a abscisové kyseliny ve vztahu k dormanci obilek jarního ječmene ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) ...	245
Frančáková H., Lacko-Bartošová M., Muchová Z., Bajčí P.:		
	Úrody vybraných plodín a kvalita cukrovej repy v ekologickom a integrovanom systéme hospodárenia	
	The yields of crops and sugar beet quality in ecological and integrated farming systems .....	471
Fric V., Rígr A., Beránek F., Krofta K., Kroupa F.:		
	The evaluation of progenies from hop crossbreedings ( <i>Humulus lupulus</i> L.) with the preference of biochemical characteristics	
	Hodnocení potomstev křížení chmele ( <i>Humulus lupulus</i> L.) s preferencí biochemických charakteristik .....	317
Gregová E., Longauer I., Žák I., Kraic J.:		
	Electrophoretic distinguishing of cultivated oats ( <i>Avena sativa</i> L.) by seed storage proteins	
	Elektroforetické rozlišovanie ovsu ( <i>Avena sativa</i> L.) pomocou zásobných semenných bielkovín .....	169
Haberle J., Svoboda P., Růžek P.:		
	Délka kořenů ozimé pšenice a obsah přístupného dusíku v půdním profilu	
	Root length of winter wheat and the content of mineral nitrogen in soil profile .....	193
Hamouz K.:		
	Vliv krájení sadby brambor u odrůd Resy a Santé na tvorbu výnosu	
	Effect of seed potato cutting in the varieties Resy and Santé on the yield formation .....	453
Havelka F.:		
	Kvalita povrchových vod Borkovických blat	
	The quality of Borkovická blata surface waters .....	343
Havlíčková H.:		
	Odrůdové rozdíly ozimé pšenice v napadení mšicemi ve vztahu k biochemickým charakteristikám	
	Differences in winter wheat cultivars in aphid infestation in relationship to biochemical characteristics .....	41
Hejnák V., Jefimov V. N., Osipov A. I.:		
	Využití dusíku hnojiva a půdního dusíku jarním ječmenem	
	The use of fertilizer and soil nitrogen by spring barley .....	67

Horčíčka P.:	The effect of pea seed origin on its quality and yield Vliv původu osiva hrachu na jeho kvalitu a výnos .....	449
Hradecká D., Staszková L.:	Vliv aplikace cytokininu a dusíkatého hnojení na jarní pšenici Influence of the application of cytokinin and nitrogen fertilization on spring wheat. ....	301
Hrádek F., Kovář P.:	Odvozování návrhových průtoků pro malá povodí Design discharges assessment on small catchments .....	337
Hubík K., Tichý F.:	Vliv ekologických a pěstitelských faktorů na obsah beta-glukanů v ovsu Effects of ecological and cropping factors on beta-glucan content in oats. ....	29
Hudecová M., Psota V., Vítková H.:	Changes in the activity of gibberellins and $\alpha$ -amylase during post-harvest maturation of grains of spring barley Změny aktivity giberelinů a $\alpha$ -amylázy v průběhu posklizňového dozrávání obilke jarního ječmene .....	101
Huzulák J., Matejka F.:	Irrigation timing by means of simple model of canopy water regime Určenie termínu zavlažovania pomocou matematického modelu vodného režimu porastu .....	559
Hybler V., Prax A., Vitoslavský J.:	Vlhkostní režim půd na vybraných klimatologických stanicích ČHMÚ Brno Soil moisture regime in selected climatic stations of the CHI Brno .....	365
Jamříška P.:	Vplyv odrôd na úrodu semena laskavca ( <i>Amaranthus</i> sp.) The influence of the variety on seed yield of amaranth ( <i>Amaranthus</i> sp.) .....	109
Jamříška P.:	Vplyv vybraných parametrov koreňovej hmoty podsevu v kukurici na úrodu krmu lucerny Effect of selected parameters of root biomass of undersowing in maize on alfalfa forage yield .....	225
Jandák J.:	Hodnoty měrného povrchu v zemědělských půdách regionu jihozápadní Moravy Values of specific surface area in agricultural soils in the region of southwestern Moravia .....	23
Jureková Z., Mika J.:	Endogénny etylén v procese klíčenia jarného jačmeňa ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) Endogenous ethylene in the process of spring barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) germination .....	279
Kostrej A.:	Fyziologické ukazovatele rastu a produkcie bôbu konského ( <i>Vicia faba</i> L.) Physiological indicators of growth and production of faba bean ( <i>Vicia faba</i> L.) .....	275
Kostrej A., Balogh Z.:	Vzťahy medzi teplotným a vlhkosťným režimom vzduchu a rastovými charakteristikami ozimnej pšenice Relationships between air temperature and humidity regime and growth characteristics of winter wheat .....	1
Koutník V.:	Koncentrace selenu v hlízách brambor Selenium concentration in potato tubers .....	63
Kováč K.:	Inventory of greenhouse gases emission coming from agricultural waste burning in Slovak Republic Inventarizácia skleníkových plynov vznikajúcich spaľovaním odpadov v poľnohospodárstve SR .....	187
Kováč L., Miklisová D., Pižl V.:	Earthworm communities in arable soils of the East-Slovak Lowland Spoločnosť dážďoviek ornej pôdy Východoslovenskej nížiny .....	405
Kovanda F., Růžek P.:	Rychlost uvolňování amonijových iontů ze zeolitů obohacených amonijovým dusíkem v půdním prostředí The release of ammonium-ions from the ammonium-enriched zeolites in the soil system .....	149
Kozák J., Němeček J., Jetmar M.:	The database of soil information system – PUGIS Databáze půdního informačního systému – PUGIS .....	529
Kozák J., Vacek O.:	The mathematical model (BPS) for prediction of pesticide behaviour in soils Matematický model (BPS) pro predikci chování pesticidů v půdách .....	551
Krejčová J., Králová M., Růžek P., Zíkov I.:	Stanovení půdního uhlíku titračně a potenciometricky Titration and potentiometric determination of soil organic matter carbon .....	115

Křístek A., Rastija M., Kovačević V., Liović I.: Response of sugar beet to potassium fertilization on a high K-fixing soil Reakce cukrové řepy na hnojení draslíkem s vysokou schopností drasliku. ....	523
Krofta K., Kroupa F., Rígr A., Beránek F.: Brewing value and classification of hop breeding material Pivovarská hodnota a klasifikace šlechtitelského materiálu chmele. ....	321
Kubát J., Cerhanová D., Mikanová O., Hanzlíková A., Filip Z.: Vliv dlouhodobého hnojení a antropogenní zátěže na aktivitu půdní mikroflóry Effects of long-term fertilisation and anthropogenic load on activity of the soil microflora. ....	399
Kubát J., Lipavský J.: The effect of fertilization and liming on the carbon concentrations in arable soils Vliv hnojení a vápnění na obsah uhlíku v orných půdách. ....	55
Kuráž V., Čermák P., Gurtz J.: Vliv zvrstvení rekultivovaných profilů výsypek na vodní režim Influence of stratification of reclaimed slopes of dumps on water regime. ....	145
Kvítek T.: Návrh řešení ochrany povrchových a podzemních vod v ČR vymezením zón zranitelnosti A draft solution of surface and underground water protection in the Czech Republic by delimitation of vulnerability zones. ....	349
Ledvina R., Kolář L., Frána J.: Uran, thorium a některé další prvky v ornících Třeboňska z aspektu možné kontaminace produkce Uranium, thorium and some other elements in topsoils of the Třeboň region from the aspect of production contamination. ....	73
Mačuhová K.: Vplyv opakovaného pestovania ozimnej pšenice na štruktúru úrody Effect of winter wheat continual growing on yield structure. ....	161
Macháček V.: Schopnost metod charakterizovat fosfátový režim půd Ability of methods to characterize phosphate regime of soils. ....	199
Makovníková J., Kaniánska R.: Aktivní hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR Active aluminium and its present state in soils of Slovak Republic. ....	289
Makovníková J., Kaniánska R.: Zmeny pôdnej reakcie a obsahu aktívneho hliníka vyvolané simuláciou kyslých zrážok Changes in soil reaction and active aluminium content induced by simulation of acid precipitation. ....	155
Manev M., Škaloud V., Stehno Z.: Vztah gluten indexu k ukazatelům technologické jakosti zrna pšenice Relationship of gluten index to indicators of technological quality of wheat grain. ....	105
Matejovič I.: The application of Dumas method for determination of carbon, nitrogen, and sulphur in plant samples Stanovenie uhlíka, dusíka a síry v rastlinných vzorkách Dumasovou metódou. ....	313
Matoušek J., Trněná L.: 7SL RNA polymorphism in hop ( <i>Humulus lupulus</i> L.) Polymorfismus 7SL RNA u chmelu otáčivého ( <i>Humulus lupulus</i> L.). ....	173
Matula J., Mikšík V., Hrozinková A., Pechová M.: Zásobnost půdy hořčíkem a obsah hořčíku v nadzemní hmotě mladých rostlin žita Soil supply with magnesium and the content of magnesium in the above-ground mass of young rye plants. ....	417
Mazúr M.: Cyklus medziročných odchýliek úrod kukurice v rade produkčných hladín Cycle of year-to-year deviations of maize yields in a series of production levels. ....	211
Michalík I., Peťovský P.: Inhibičné vlastnosti gluténových bielkovín The inhibition properties of gluten proteins. ....	495
Mikanová O., Nováková J., Hanzlíková A., Kubát J., Filip Z.: Vliv dlouhodobého hnojení a antropogenní zátěže na biomasu a zastoupení některých skupin mikroorganismů Effects of long-term fertilisation and anthropogenic load on biomass and the incidence of some groups of microorganisms. ....	391
Mínx L.: Interakce vlivů vzdálenosti výsevu a vzešlosti porostu na výnosovou depresi cukrovky Interactions of effects of spacing and stand emergence rate on yield depression of sugar beet. ....	467
Mínx L., Ryšavý M., Šlimar P.: Předpoklad využití stochastického modelu pro hodnocení porostů s nahodilým rozdělením v řádku The prerequisite for the use of stochastic model for evaluation of the stands with random distribution in row. ....	307

Moudrý J., Nýdl V., Voženilková B.: Occurrence of black and rotten grains in naked oat Výskyt černých a ztrouchnivělých zrn v latě bezpluchého ovsa .....	503
Muchová Z., Jaška P.: Vplyv podmienok pestovania na akumuláciu kadmia a olova v potravinárskej pšenici The influence of growing conditions on the cadmium and lead accumulation in food wheat .....	59
Němeček J., Podlešáková E., Pastuszková M.: Návrh limitů kontaminace půd perzistentními organickými xenobiotickými látkami pro ČR Proposal of soil contamination limits for persistent organic xenobiotic substances in the Czech Republic .....	49
Němeček J., Podlešáková E., Vácha R.: Geochemické a antropogenní zatížení půd Geogenic and anthropogenic soil loads .....	535
Orniaková P., Matoušek J.: Viroid infection of hop ( <i>Humulus lupulus</i> L.) mediated by <i>Agrobacterium tumefaciens</i> and conditions for hop transformation Viroidní infekce chmelu otáčivého ( <i>Humulus lupulus</i> L.) pomocí bakterií druhu <i>Agrobacterium tumefaciens</i> a podmínky pro transformaci chmelu .....	233
Plhák F.: Efficiency of nitrate and ammonium nutrition in maize plants at different irradiances Efektivita nitrátové a amonné výživy u kukuřice při různé ozáření .....	269
Podlešáková E., Němeček J.: Kritéria kontaminace a intoxikace půd Soil contamination and pollution criteria .....	357
Podlešáková E., Němeček J., Hálková G.: Návrh limitů kontaminace půd potenciálně rizikovými stopovými prvky pro ČR Proposal of soil contamination limits for potentially hazardous trace elements in the Czech Republic .....	119
Praslička J.: Vplyv niektorých pestovateľských faktorov na napadnutie ozimnej pšenice obilnými voškami Influence of some growing factors on the occurrence of cereal aphids associated with winter wheat .....	499
Prokinová E., Burešová V.: Vliv mikromycetů izolovaných z osiva na klíčení semen hrachu a ječmene The effect of micromycetes isolated from the seeds on germination of pea and barley seeds .....	457
Reichlová E., Váňa J., Janovský J.: Hodnocení testů zralosti kompostu Evaluation of compost maturity tests .....	79
Rířai M. N., Lacko-Bartošová M., Puškárová V.: Weed control for organic vegetable farming Regulácia zaburinenosti v organickom systéme zeleninárstva .....	463
Rímár J., Balla P., Princík L.: Porovnanie efektívnosti aplikácie kvapalných a pevných hnojív u obilnín v podmienkach Východoslovenskej nížiny The comparison of application of effectiveness of liquid fertilizers with those in solid state in conditions of the East Slovak Lowland region .....	127
Římovský K., Bauer F.: Influence of pig slurry application on physical properties and soil ploughing Působnost hnojení kejdou prasat na fyzikální stav a orbu půdy .....	133
Starý M., Láníček J.: Modelování průběhu koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodním toku pod bodovým zdrojem znečištění Modelling of concentration of oxygen dissolved in water flow under point source of contamination .....	11
Svoboda P., Kopecký J.: Production of meristem culture and its efficiency in practical conditions Produkce meristémové sadby a její výkonnost v porostu .....	333
Sýkorová S., Hofbauer J., Šašek A.: Rozlišení odrůd čičorky pestré ( <i>Coronilla varia</i> L.) pomocí elektroforézy proteinů a enzymů Distinguishing of crown vetch varieties ( <i>Coronilla varia</i> L.) by means of protein and enzyme electrophoresis .....	179
Šálek J.: Čisticí účinek půdy při závlaze přerodem odpadními vodami Purifying effect of soil during flood irrigation by waste waters .....	17
Šimon T., Kálalová S.: Příprava mutantů rhizobií rezistentních k antibiotikům a jejich využití Preparation of antibiotic resistant mutants of rhizobia and their use .....	385

<b>Švihra J., Brestič M., Olšovská K.:</b>		
Vplyv vodného a teplotného stresu na produktivitu odrôd ozimnej pšenice		
The effect of water and temperature stresses on productivity of winter wheat varieties .....		425
<b>Tejklová E.:</b>		
Some factors affecting anther culture in <i>Linum usitatissimum</i> L.		
Některé faktory ovlivňující prašnickovou kulturu <i>Linum usitatissimum</i> L. ....		249
<b>Tomán F.:</b>		
Vliv četnosti výskytu vyšších denních srážkových úhrnů na vodní erozi		
The effect of occurrence frequency on higher daily sums of precipitation on water erosion .....		371
<b>Truksa M., Procházka S.:</b>		
Potential use of RAPD markers in verification of cucumber hybrids		
Možnost použití RAPD markerů při verifikaci hybridů okurek .....		241
<b>Tvarůžek L., Váňová M., Chromý Z.:</b>		
Citlivost odrůd ozimé pšenice na napadení klasů houbovými chorobami ( <i>Stagonospora nodorum</i> Berk. a <i>Fusarium culmorum</i> W. G. Sm.)		
Sensibility of winter wheat varieties to infection of ears by fungal diseases ( <i>Stagonospora nodorum</i> Berk. and <i>Fusarium culmorum</i> W. G. Sm.) .....		489
<b>Urmínská D., Michalík I.:</b>		
Analýza štartovacích enzýmov klíčenia zrna pšenice		
Analysis of starter enzymes of wheat grain germination .....		97
<b>Urmínská D., Michalík I.:</b>		
Izolácia a biochemická charakteristika aminopeptidáz zrna ozimnej pšenice		
Isolation and biochemical characteristics of aminopeptidases from winter wheat grain .....		35
<b>Vaněk V., Najmanová J., Petr J., Němeček R.:</b>		
Minerální a mineralizovatelný dusík v půdě a výnosy obilnin		
Mineral and mineralizable soil nitrogen and yields of cereals .....		411
<b>Vicherková M.:</b>		
Accumulation of aluminium, calcium and magnesium in maize and sunflower plants grown in acidified solutions with aluminium		
Akumulace hliníku, vápníku a hořčíku v rostlinách kukuřice a slunečnice pod zátěží vysoké acidity a koncentrace ...		261
<b>Vlčková M., Hocková M.:</b>		
Hodnotenie záťaže krajiny v regióne Žiarskej kotliny		
Evaluation of load of landscape in the region of Žiarska kotlina .....		137
<b>Vokál B., Radil B.:</b>		
Vliv meziřádkové vzdálenosti na výnos hlíz, obsah sušiny a škrobu u brambor		
Effects of row spacing on tuber yield, dry matter content and starch in potatoes .....		5
<b>Vostřel J.:</b>		
The results of laboratory experiments and their possible utilization in hop protection strategy against pests		
Výsledky laboratorních experimentů a jejich možné využití ve strategii ochrany chmele proti škůdcům .....		329
<b>Zrůst J., Jůzl M.:</b>		
Rychlost fotosyntézy a nárůst sušiny velmi raných odrůd brambor		
Rates of photosynthesis and dry matter accumulation of very early potato varieties .....		293
<b>Zrůst J., Rasocha V.:</b>		
Obrůstání bramborové natě a možnosti jeho omezení		
Potato haulm regrowths and the possibilities of their reducing .....		441
<b>INFORMACE – STUDIE – SDĚLENÍ – INFORMATION – STUDY – REPORTS</b>		
<b>Andres E.:</b>		
Nutrient supply and fertilizer use in Eastern Europe		
Zásobování živinami a používání hnojiv ve východní Evropě .....		91
<b>Gáborčík N.:</b>		
Koncentrácia chlorofylu (SPAD) v listoch dominantného druhu tráv ako indikátor produkcie trávneho porastu		
Chlorophyll concentration (SPAD) in leaves of dominant species of grasses as indicator of grassland production. ....		478
<b>Gregorová H.:</b>		
Tvorba nadzemnej biomasy láskavca ( <i>Amaranthus mantegazzianus</i> ) po ozimnej medziplodine tritikale		
Formation of above-ground biomass of amaranth ( <i>Amaranthus mantegazzianus</i> ) after winter catch-crop triticale. ....		141
<b>Ivanek O., Soukup M.:</b>		
Vzťahy medzi vláhovým režimom, kvalitou vody a výnosy celeru na písčitohlinité pôde		
Relationships among moisture regimes, quality of water and yields of celery on sandy loam .....		430
<b>Jakubec V.:</b>		
Informace o kolokviu pořádaném Nadací Alexandra von Humboldta v Praze .....		374

Kovarčík M.:		
Titán vo výžive rastlín		
Titanium in plant nutrition. ....		83
Slavík L.:		
Účinnost kapkové závlahy a mikropostřiku při závlaze letního kvěťáku a jarního salátu		
Efficiency of drip irrigation and microspraying in irrigation of summer cauliflower and spring lettuce .....		381
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE		
Doležal F.:		
Obnovení činnosti Mezinárodní komise pro závlahy a odvodňování (ICID) v ČR .....		516
Hrubý J., Badalíková B.:		
Ekologické a ekonomické systémy hospodaření na půdě .....		542
Klimeš F.:		
Za doc. Ing. Ludvíkem Kunclem, CSc. ....		284
Nedělník J.:		
Konference EUCARPIA – <i>Medicago</i> group .....		488
Petrovic J.:		
Výsledky a perspektivy genetiky a šlechtění rostlín .....		448
Zahradníček J.:		
Vědecká konference ke 100. výročí narození prof. S. Práta .....		191
RECENZE – REVIEW		
Mikula P.:		
F. B. J. Barends, F. J. J. Brouwer, F. H. Schroder: Land subsidence – by fluid withdrawal – by solid extraction – theory and modelling – environmental effects and remedial measures .....		380
Pavlů V.:		
A. Davies, R. D. Baker, S. A. Grant, A. S. Laidlaw: Sward measurement handbook .....		46

**Adaptační reakce**

– vodní a teplotní stres; ozimá pšenice; odrůdy ..... 425

**Agrobacterium tumefaciens**

– agrofekce chmelu; tkáňová kultura chmelu; transformace chmelu ..... 233

**Akaricidy**

– chmel; škůdci; ochrana; laboratorní testy ..... 329

**Alfa-amyláza**

– inhibice; glutenové bílkoviny ..... 495

– klíčení zrna pšenice; aktivita ..... 97

– změny aktivity; posklizňové dozrávání obilí; jarní ječmen ..... 101

**Aminokyseliny**

– laskavec; odrůdy; semena; obsah a ..... 109

– volné a.; ozimá pšenice; odrůdy; listy; obilní mšice ..... 41

**Aminopeptidázy**

– klíčení zrna pšenice; aktivita ..... 97

– ozimá pšenice; zrna; izolace; biochemická charakteristika ..... 35

**Analytické metody**

– fosfátový režim; půdní typy; reakce a. m. na hnojení P ..... 199

**Analýza rostlin**

– vzorek; stanovení C, N, S; Dumasova metoda ..... 313

**Antibiotika**

– a. rezistence; rhizobia; mutanti; příprava; využití ..... 365

**Antropogenní zátěž**

– biomasa; skupiny mikroorganismů; indikace půdní kvality; vliv ..... 391

– půdní mikroflóra; respirační aktivita; dehydrogenázová aktivita; vliv ..... 399

**Beta-glukany**

– odrůdy ovsu; zrna; lokalita; hnojení N; vliv ..... 29

**Bilance půdní vody**

– půdní vlhkost; snímače VIRIB; klimatologické stanice ..... 365

**Bílkovinné frakce**

– ozimá pšenice; technologická kvalita; korelace ..... 205

**Bílkoviny**

– čisté b.; brambory; genotypy ..... 509

– hrubé b. .... 509

– zrna pšenice; technologická jakost ..... 105

– zásobní semenné b. .... 179

– čičorka pestrá; odrůdy; identifikace; elektroforéza ..... 169

– oves; rozložení genotypů; elektroforéza ..... 35

**Biochemické charakteristiky**

– chmel; křížení; hodnocení potomstva ..... 317

– ozimá pšenice; zrna; aminopeptidázy ..... 35

**Biomasa**

– laskavec; tvorba b.; části rostlin; ozimá meziplodina tritikale ..... 141

– mikrobiální biomasa; dlouhodobé hnojení; antropogenní zátěž; vliv ..... 391

**Bob koňský (Vicia faba L.)**

– růst; produkce; fyziologické charakteristiky; nádobové a polní pokusy ..... 275

**Bramborová nať**

– obrůstání; ničení natě – mechanické, chemické; termín; další opatření ..... 441

**Brambory**

– hlízy b.; koncentrace Se ..... 63

– meziřádková vzdálenost; hnojení N; výnos hlíz; obsah škrobu a sušiny; vliv m. v. .... 5

– odrůdy ..... 433

– počet hlíz; spon výsadby; dávka N; technologie pěstování; vliv ..... 433

– Resy; Santé; krájení sadby; výnos ..... 453

– velmi rané o.; výživa N; stanoviště; rychlost fotosyntézy; výnos hlíz ..... 293

– šlechtění ..... 509

– genotypy; sušina; bílkoviny; zárodečná plazma ..... 509

– hybridní kombinace; hydroponie; hodnocení ..... 217

**Celer** ..... 430

– výnosy; písčitohlinitá půda; vláhvový režim; kvalita vody ..... 430

**Cibule** ..... 463

– zaplevelení; regulace plamenem; výnos; organické zelinářství ..... 463

**Cukrovka** ..... 523

– hnojení K; půdy s vysokou fixací K ..... 523

– výnosová deprese; vzdálenost výsevu; vzešlost porostu; vliv ..... 467

– výnosy; cukernatost; melasotvorné látky; integrovaná ekologická soustava ..... 471

**Cukry** ..... 41

– ozimá pšenice; odrůdy; listy; obilní mšice ..... 41

**Cyklus meziročních odchylek** ..... 211

– kukuřice; vývoj výnosů; agrotechnické pokusy ..... 211

**Cytokinin** ..... 301

– aplikace c.; jarní pšenice; lepek; pádové číslo; glutamátináza ..... 301

**Česká republika (ČR)** ..... 49

– kontaminace půd ..... 49

– perzistentní organické xenobiotické látky; limity ..... 119

– rizikové prvky; limity ..... 349

– ochrana vod; zóny zranitelnosti; zdroje znečištění ..... 349

**Čičorka pestrá (Coronilla varia L.)** ..... 179

– odrůdy; identifikace; proteiny; enzymy; elektroforéza ..... 179

**Čistící účinek půdy** ..... 17

– závlaha přerorem; odpadní vody ..... 17

**Databáze** ..... 529

– půdní d.; d. pedonů; PUGIS ..... 529

**Dešťovky** ..... 405

– společenstva d.; orná půda; Východoslovenská nížina ..... 405

**Dlouhodobé hnojení** ..... 391

– biomasa; skupiny mikroorganismů; indikace půdní kvality; vliv ..... 391

– minerální N; mineralizovatelný N; výnos obilnin ..... 411

– půdní mikroflóra; respirační aktivita; dehydrogenázová aktivita; vliv ..... 399

**Doplňek variačního koeficientu (ADV)** ..... 211

– kukuřice; výnosy; meziroční odchylky ..... 211

**Dormance** ..... 245

– jarní ječmen; obilky ..... 245

– etylen; etan; kyselina abscisová ..... 101

– posklizňové dozrávání; giberelin; alfa-amyláza; aktivita ..... 101

**Draslík** ..... 417

– jarní ječmen; efektivnost využití vody; produkce biomasy ..... 417

– testování půd; hmotnostní poměr Mg/K ..... 481

**Dumasova metoda** ..... 313

– analýza rostlin; stanovení C, N, S ..... 313

**Dusík** ..... 441

– dávka N ..... 441

– bramborová nať; obrůstání; vliv ..... 433

– brambory; odrůdy; počet hlíz; vliv ..... 109

– dusíkaté látky; laskavec; semena ..... 411

– minerální a mineralizovatelný N; půda; výnosy obilnin ..... 193

– přístupný N; půdní profil; ozimá pšenice; délka kořenů ..... 67

– půda; bilance N; jarní ječmen ..... 313

– stanovení; Dumasova metoda; vzorky rostlin ..... 313

**Ekologické a integrované zemědělství** ..... 471

– výnosy plodin; kvalita cukrovky; konvenční a minimální zpracování půdy ..... 471

**Elektroforéza** ..... 179

– identifikace odrůd; proteiny; enzymy; čičorka pestrá ..... 179

– polymorfismus 7SL RNA; TGGE-fingerprinting; chmel otáčivý . 173	– oves; hnojení N; obsah beta-glukanů; vliv . . . . . 29
– rozlišení genotypů; globuliny; prolaminy; oves . . . . . 169	– ozimá pšenice; hnojení N; délka kořenů; půdní profil; obsah přístupného N . . . . . 193
<b>ELISA</b>	<b>Hnojiva</b>
– viruprostý chmel; meristémové kultury; zdravotní kontrola . . . . . 333	– kapalná; pevná; efektivnost aplikace; obilniny; SR . . . . . 127
<b>Endo-; exoproteázy</b>	<b>Hořčík</b>
– klíčení zrna pšenice; aktivita . . . . . 97	– akumulace; kukuřice; slunečnice; vysoká acidita – Al . . . . . 261
<b>Enzymy</b>	– Al-toxicita; ozimá pšenice; vliv Mg . . . . . 285
– elektroforéza; čižorka pestrá; odrůdy; identifikace . . . . . 179	– zásobenost půdy Mg; obsah Mg v rostlinách; korelace . . . . . 417
– startovací e.; pšenice; analýza . . . . . 97	<b>Hořké kyseliny</b>
<b>Etan</b>	– alfa- a beta-h. k.; chmelové odrůdy; šlechtění; biochemická analýza . . . . . 321
– dormance obilke; jarní ječmen; produkce e.; vztah k dormanci . . 245	– alfa-h. k.; viruprostý chmel; meristémové kultury . . . . . 333
– réva vinná; kalusová kultura; produkce e. . . . . 517	<b>Hrách</b>
<b>Etylen</b>	– osivo
– dormance obilke; jarní ječmen; produkce e.; vztah k dormanci . . 245	– mikromycety; klíčivost semen . . . . . 457
– klíčení; jarní ječmen; endogenní e. . . . . 279	– původ; kvalita a výnos h.; vliv . . . . . 449
– réva vinná; kalusová kultura; produkce e. . . . . 517	<b>Humus</b>
<b>Fosfor</b>	– bilance humusu; orná půda; hnojení; vápnění; vliv . . . . . 55
– přístupný P; analytické metody; hnojení; půdní typy . . . . . 199	<b>Hybridizace</b>
<b>Fotosyntéza</b>	– brambory; hybridní kombinace; hodnocení . . . . . 217
– rychlost f.; brambory; velmi rané odrůdy; výživa N; stanoviště; výnos hlíz . . . . . 293	– hybridní okurky; verifikace h.; molekulární markery . . . . . 241
<b>Fusarium culmorum</b>	– chmel; hodnocení potomstva; biochemické charakteristiky . . . . . 317
– ozimá pšenice; rezistence; tolerance; odrůdy . . . . . 489	<b>Hydrolyzy</b>
<b>Fytotoxicita</b>	– klíčení zrna pšenice; aktivita . . . . . 97
– Al; Ca; Mg; kukuřice; slunečnice; vysoká acidita – Al . . . . . 261	<b>Hydroponie</b>
<b>Genotypy</b>	– brambory; hybridní kombinace; hodnocení . . . . . 217
– brambory; odrůdy; produkce a užitková hodnota . . . . . 509	<b>Chlorofyl</b>
– nahý oves; černá a ztrouchnivělá zrna; vliv g. . . . . 503	– SPAD hodnota; srha říznáčka; primární produkce porostu; predikce . . . . . 478
– oves; rozlišování g.; elektroforéza . . . . . 169	<b>Chmel otáčivý (<i>Humulus lupulus</i> L.)</b>
– ozimá pšenice; odrůdy; produktivita; stresové faktory; genotypové rozdíly . . . . . 425	– mšice chmelová; sviluška chmelová; ochrana chmele; laboratorní testy . . . . . 329
<b>Geogenní zátěže</b>	– pivovarská hodnota; šlechtitelský materiál ch.; klasifikace . . . . . 321
– půda; rizikové regiony . . . . . 535	– polymorfismus RNA; TGGE-fingerprinting . . . . . 173
<b>Gibereliny</b>	– šlechtění; hybridizace; biochemické charakteristiky; potomstva . 317
– změna aktivity; posklizňové dozrávání obilke; jarní ječmen . . . . 101	– viroidní agroinfekce; <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; tkáňová kultura; transformace ch. . . . . 233
<b>Globuliny</b>	– viruprostý ch.; meristémové kultury; množení; sadba; alfa-hořké kyseliny . . . . . 333
– oves; rozlišení genotypů; elektroforéza . . . . . 169	<b>Chmelové pryskyřice</b>
<b>Glutamátkináza</b>	– chmelové odrůdy; šlechtění; biochemická analýza . . . . . 321
– aplikace cytokininu; hnojení N; jarní ječmen; vliv . . . . . 301	<b>Chmelové silice</b>
<b>Gluten index</b>	– chmelové odrůdy; šlechtění; biochemická analýza . . . . . 321
– ozimá pšenice; technologická jakost zrna; vztah . . . . . 105	<b>Index klíčivosti</b>
<b>Glutenové bílkoviny</b>	– jarní ječmen; posklizňové dozrávání; gibereliny; alfa-amyláza . . 101
– alfa-amyláza; inhibice . . . . . 495	– zralost kompostu; stanovení zralosti; korelace . . . . . 79
<b>Hliník</b>	<b>Indikace půdní kvality</b>
– akumulace; kukuřice; slunečnice; vysoká acidita – Al . . . . . 261	– dlouhodobé hnojení; antropogenní zátěž; mikroorganismy . . 391, 399
– Al-toxicita . . . . . 285	<b>Inhibice</b>
– ozimá pšenice; Ca; Mg; vliv . . . . . 285	– alfa-amyláza; glutenové bílkoviny . . . . . 495
– půdy; současný stav; SR . . . . . 289	<b>Insekticidy</b>
– změna půdní reakce; kyselá srážky . . . . . 155	– chmel; škůdci; ochrana; laboratorní testy . . . . . 329
<b>Hlíza</b>	<b>Intenzita deště</b>
– brambory	– vyšší srážkové úhrny; vodní eroze; vliv . . . . . 371
– koncentrace Se; půdy . . . . . 63	<b>Interakce</b>
– počet h.; spon výsadby; dávka N; technologie pěstování; vliv . . 433	– vzdálenost výsevu; vzešlost porostu; výnosová deprese; cukrovka . . . . . 467
– výnos hlíz; mezířádková vzdálenost; vliv . . . . . 5	<b>Intoxikace</b>
<b>Hnojení</b>	– půda; standardy – limity . . . . . 357
– brambory; hnojení N; výnos hlíz; vliv . . . . . 5	<b>In vitro</b>
– cukrovka; hnojení K; půdy s vysokou fixací K . . . . . 523	– kalusová kultura révy vinné; produkce etylenu a etanu . . . . . 517
– dlouhodobé hnojení; půdní mikrofóra; vliv . . . . . 391, 399	– meristémové kultury; množení; viruprostý chmel . . . . . 333
– fosforečné hnojení; půdní typy; analytické metody; reakce na hnojení . . . . . 199	– obilky; jarní ječmen; dormance; etylen; etan; kyselina abscisová 245
– jarní ječmen; hnojení N; využití N hnojiva . . . . . 67	
– jarní pšenice; hnojení N; výnos zrna; pádové číslo; glutamátkináza . . . . . 301	
– kejda prasat; fyzikální stav půdy; orba půdy; vliv . . . . . 133	
– orná půda; obsah C; bilance humusu; vliv hnojení . . . . . 55	

<b>Iontová výměna</b>	
– amonné ionty; obohacené zeolity; rychlost uvolňování; půdní roztok	149
<b>Jarní salát</b>	
– kapková závlaha; mikropostřik; účinnost	381
<b>Ječmen</b>	
– j. jarní	
– hodnocení porostu; nahodilě rozmístění; stochastický model; využití	307
– kapalná hnojiva; foliární aplikace; efektivnost; SR	127
– klíčení; endogenní etylen; stárnutí listů	279
– obilky; dormance; etylen; etan; kyselina abscisová	245
– posklizňové dozrávání obilky; gibereliny; alfa-amyláza; změny aktivity	101
– půdní dusík; dusík hnojiva; využití	67
– vodní režim; růstové a akumulací procesy	481
– j. ozimý	
– kapalná hnojiva; foliární aplikace; efektivnost; SR	127
– osivo; mikromycety; klíčivost semen	457
<b>Kadmium</b>	
– aluviální půdy; distribuce; mobilita; zdroj kontaminace	543
– potravinářská pšenice; akumulace Cd; podmínky pěstování; vliv	59
<b>Kalusová kultura</b>	
– réva vinná; produkce etylenu a etanu	517
<b>Kejda prasat</b>	
– hnojení; fyzikální stav půdy; orba půdy; vliv	133
<b>Klíčení</b>	
– hrách; kvalita osiva; test klíčivosti	449
– jarní ječmen	
– endogenní etylen; stárnutí listů	279
– energie k.; index k.; gibereliny; alfa-amyláza	101
– ječmen; hrách; mikromycety; růst klíčících rostlin	457
– pšenice; startovací enzymy; analýza	97
<b>Klimatologické stanice</b>	
– půdní vlhkost; bilance půdní vody; snímače VIRIB	365
<b>Koeficient reerace</b>	
– vodní tok; bodový zdroj znečištění; koncentrace rozpuštěného kyslíku; program QUALZE	11
<b>Kompost</b>	
– zralost k.; stanovení zralosti; index klíčivosti; korelace	79
<b>Koncentrace rozpuštěného kyslíku</b>	
– vodní tok; bodový zdroj znečištění; modelování průběhu k.	11
<b>Konduktivita</b>	
– hrách; osivo; kvalita; konduktometrický test	449
<b>Kontaminace</b>	
– ovzduší; Žiarska kotlina; SR	137
– podzemní vody; Žiarska kotlina; SR	137
– půdy	
– aluviální p.; silná kontaminace; Cd; Pb; Zn; řeka Litavka	543
– geochemické a antropogenní k.; rizikové regiony	535
– perzistentní organické xenobiotické látky; limity; ČR	49
– rizikové prvky; limity k.	119, 357
– toxické kovy; kontaminace produkce; lokalita Třeboň	73
– rostliny; Žiarska kotlina; SR	137
<b>Korelace a regrese</b>	
– analýza rostlin; stanovení C, N, S; Dumasova metoda; IPE test	313
– brambory; hybridní kombinace; délka rostliny; délka kořene; hmotnost rostliny; hmotnost kořene; počet a hmotnost hlíz	217
– dešťovky; půdní charakteristiky; abundance; biomasa d.	405
– hrách; osivo; test klíčivosti; konduktometrický test; polní vzháživost	449
– jarní ječmen	
– klíčení; endogenní etylen; hmotnost sušiny	279
– obilky; etylen; etan; kyselina abscisová	245
– jarní pšenice; cytokinin; aplikace N; glutamátkináza; lepek; pádové číslo	301
– kompost; zralost kompostu; index klíčivosti; biologický test; respirační metody	79
– ozimá pšenice	
– aktivita aminopeptidázy; dozrávání zrna	35
– bílkovinné frakce; technologická kvalita	205
– gluten index; mikro-SDS test; hrubý protein; mokřý lepek	105
– listy; sušina; aminokyseliny; cukry; napadení mšicemi	41
– odrůdy; houbové choroby; produktivnost klasu; výnosová redukce	489
– teplota vzduchu; vlhkost vzduchu; hmotnost sušiny; půdní vlhkost; růstové charakteristiky	1
– půda	
– aktivní hliník; pH/KCl; obsah C <sub>ex</sub> ; SR	289
– měrný povrch; základní charakteristiky půd	23
– přístupný fosfor; analytické metody; hnojení	199
– půdní uhlík; titrační stanovení; potenciometrické stanovení	115
– toxické kovy; ornice Třeboňská	73
– zásobnost půdy Mg; obsah Mg v rostlinách	417
– srha říznačka; SPAD hodnota; produkce sušiny	478
– vojtěška; podsev v kukuřici; parametry kořenové hmoty; výnos vojtěšky	225
– žito; mladé rostliny; obsah Mg v rostlinách; zásobnost půdy Mg	417
<b>Kořenomorka bramborová</b>	
– bramborová nař; obrůstání; vliv	441
<b>Kořeny</b>	
– kořenová hmota; podsev v kukuřici; výnosy vojtěšky	225
– ozimá pšenice	
– délka k.; přístupný N v půdě	193
– obsah Ca a Mg v k.; Al-toxicita	285
– zavlažování; matematický model; kořenový systém	559
<b>Krájení sadby</b>	
– brambory; odrůdy Resy a Santé; výnos	453
<b>Kukuřice</b>	
– akumulace Al, Ca, Mg; vysoká acidita – Al	261
– nitratová a amonná výživa; účinnost; radiační využití	269
– podsev vojtěšky; odrůdy; kořenová hmota vojtěšky; výnosy vojtěšky	225
– výnosy; meziroční odchylky; doplněk variačního koeficientu	211
<b>Kyselé srážky</b>	
– půdní reakce; aktivní Al; změny	155
<b>Kyselina abscisová</b>	
– dormance obilky; jarní ječmen; produkce k. a.; vztah k dormanci	245
<b>Laboratorní testy</b>	
– využití; ochrana chmele; škůdci	329
<b>Laskavec (<i>Amaranthus</i>)</b>	
– <i>A. mantegazzianus</i> ; tvorba biomasy; meziplodina; tritikale	141
– <i>A. sp.</i> ; odrůdy; úroda semene; struktura porostu; vliv odrůd	109
<b>Len (<i>Linum usitatissimum</i> L.)</b>	
– prašnicková kultura; ovlivňující faktory	249
<b>Lepek</b>	
– aplikace cytokininu; hnojení N; jarní pšenice; vliv	301
– mokřý lepek; technologická jakost; zrna pšenice	105
<b>Letní kvěťák</b>	
– kapková závlaha; mikropostřik; účinnost	381
<b>Lyzimetry</b>	
– podzemní závlaha; kvalita vody; písčitohlinitá půda; výnosy celeru	430
<b>Matematické modely</b>	
– model BPS; půdní pesticidy; predikce; aplikace GIS v půdě	551
– model vodního režimu porostu; zavlažování; ozimá pšenice	559
<b>Meristémové kultury</b>	
– viruprostý chmel; ELISA; množení; sadba	333
<b>Měrná čidla Watermark</b>	
– výnosová účinnost vody; závlaha zeleniny	381
<b>Měrná orební spotřeba paliva</b>	
– hluboká orba; hnojení kejdou prasat; vliv	133

<b>Měrný orební odpor</b>	
– hluboká orba; hnojení kejdou prasat; vliv	133
<b>Měrný povrch</b>	
– půda; celkový m. p.; vnitřní m. p.; korelace; region jihozápadní Moravy	23
<b>Meziplodina</b>	
– ozimá m.; tritikale; následná plodina – laskavec; tvorba biomasy	141
<b>Meziřádková vzdálenost</b>	
– brambory; výnos hlíz; obsah sušiny a škrobu; vliv m. v.	5
<b>Mikromycety</b>	
– izolace z osiva; semena hrachu a ječmene; klíčivost	457
<b>Mikroorganismy</b>	
– skupiny m.; dlouhodobé hnojení; antropogenní zátěž; vliv	391
<b>Mikro-SDS test</b>	
– metody analýzy; technologická jakost; zrno pšenice	105
<b>Modelové povodí</b>	
– návrhový průtok; přívalový déšť; přítok na svah; odtok ze svahu	337
<b>Molekulární markery</b>	
– RAPD; PCR; hybridní okurky; verifikace osiva	241
<b>Monokultura</b>	
– ozimá pšenice; přerušovací plodiny; výnosy; vliv	161
<b>Mrkev</b>	
– zaplevelení; regulace plamenec; výnos; organické zemědělství	463
<b>Mšice chmelová</b>	
– ochrana chmele; insekticidy; akaricidy; laboratorní testy	329
<b>Mutanty</b>	
– rhizobia; rezistence k antibiotikům; příprava; využití	385
<b>Nádobové pokusy</b>	
– bob koňský; růst; produkce; fyziologické charakteristiky	275
– jarní ječmen; vodní režim; adaptační reakce	481
– zeolity; iontová výměna	149
<b>Návrhový průtok</b>	
– modelové povodí; přívalový déšť; přítok na svah; odtok ze svahu	337
<b>Obilky</b>	
– dormance o.; jarní ječmen; etylen; etan; kyselina abscisová	245
<b>Obilniny</b>	
– ječmen	67, 101, 127, 245, 279, 307, 457, 481
– oves	29, 169, 503
– pšenice	1, 35, 41, 59, 97, 105, 127, 161, 193, 205, 285, 301, 425, 489, 499, 559
– tritikale	141
– výnosy; dlouhodobé hnojení; minerální a mineralizovatelný N v půdě	411
– žito	127, 417
<b>Obilní mšice</b>	
– ozimá pšenice	
– <i>M. dirhodum</i> ; <i>R. padi</i> ; <i>S. avenae</i> ; napadení; pěstitelské faktory; vliv	499
– odrůdy; vhodnost hostitele; biochemické charakteristiky; korelace	41
<b>Odpady rostlinné výroby</b>	
– spalování; skleníkové plyny; SR	187
<b>Odrůdy</b>	
– brambory	
– počet hlíz; spon výsadby; dávka N; technologie pěstování	433
– Resy, Santé; krájení sadby; výnos	453
– velmi rané o.; výživa N; stanoviště; rychlost fotosyntézy; výnos hlíz	293
– čičorka pestrá; identifikace o.; elektroforéza	179
– chmel; šlechtění; biochemická analýza	321
– jarní ječmen; dormance obilí; produkce etylenu, etanu a kyseliny abscisové	245
– laskavec; úroda semene; vliv o.	109
– oves; zrno; beta-glukany; lokalita; hnojení N; vliv o.	29
– ozimá pšenice	
– houbové choroby; rezistence; tolerance	489
– obilní mšice; biochemické charakteristiky; korelace	41
– produktivita; vodní a teplotní stres; vliv	425
– vojtěška; podsev do kukuřice; kořenová hmota v.; korelace	225
<b>Ochrana proti škůdcům</b>	
– chmel; laboratorní experimenty; využití	329
<b>Ochrana vod</b>	
– podzemní a povrchové vody; zóny zranitelnosti; zdroje znečištění; ČR	349
<b>Okurky</b>	
– hybridní o.; molekulární markery; verifikace osiva	241
<b>Olovo</b>	
– aluviální půdy; distribuce; mobilita; zdroj kontaminace	543
– potravinářská pšenice; akumulace Pb; podmínky pěstování; vliv	59
<b>Orba půdy</b>	
– měrný orební odpor; hnojení kejdou prasat; vliv	133
<b>Organické zemědělství</b>	
– zaplevelení; cibule; mrkev; redukce plevelů	463
<b>Osivo</b>	
– hrách; původ; kvalita a výnos h.; vliv	449
– ječmen; hrách; mikromycety; klíčivost	457
<b>Oves (<i>Avena sativa</i> L.)</b>	
– bezpluchý o.; černá a trouchnivělá zrna; výskyt	503
– odrůdy o.; zrno; beta-glukany; lokalita; hnojení N; vliv	29
– rozlišení genotypů; globuliny; prolamin; elektroforéza	169
<b>Ozářeno</b>	
– rozdílná o.; kukuřice; nitratová a amonná výživa; účinnost	269
<b>Pádové číslo</b>	
– aplikace cytokininu; hnojení N; jarní pšenice; vliv	301
<b>Perzistentní organické xenobiotické látky</b>	
– kontaminace půd; mezní hodnoty; ČR	49
<b>Pesticidy</b>	
– chování p. v půdě; predikce; matematický model (BPS)	551
<b>Pivovarská hodnota</b>	
– chmel; šlechtění; testace hybridů	321
<b>Podsev</b>	
– p. vojtěšky; kukuřice; kořenová hmota vojtěšky; výnosy vojtěšky	225
<b>Polní pokusy</b>	
– bob koňský; růst; produkce; fyziologické charakteristiky	275
– brambory	
– krájení sadby; výnos; vliv odrůd	453
– meziřádková vzdálenost; výnos; vliv	5
– obrůstání natě; omezení	441
– velmi rané odrůdy; rychlost fotosyntézy	293
– cukrovka	
– hnojení K; reakce	523
– kvalita; integrované a ekologické zemědělství	471
– obilniny; kapalná a pevná hnojiva; efektivnost	127
– oves; beta-glukany; ekologické a pěstitelské faktory; vliv	29
– ozimá pšenice	
– monokultura; výnosy; přerušovací plodiny	161
– odrůdy; houbové choroby; rezistence	489
– půda	
– dlouhodobé hnojení	
– půdní mikroflóra; aktivita	391, 399
– výnosy obilnin	411
– fosfátový režim; půdní typy	199
– vojtěška; podsev v kukuřici; výnosy	225
<b>Polní vzházy</b>	
– hrách; osivo; kvalita a výnos h.; korelace	449
<b>Polymorfismus RNA</b>	
– chmel otáčivý; TGGE-fingerprinting	173
<b>Potenciometrická titrace</b>	
– půdní uhlík; stanovení	115

<b>Povrchový odtok vody</b>	
– vojteška; vodní eroze; funkční závislosti	375
<b>Prašníková kultura</b>	
– len; ovlivňující faktory	249
<b>Prolaminy</b>	
– oves; rozlišení genotypů; elektroforéza	169
<b>Přerušovací plodiny</b>	
– monokultura; ozimá pšenice; prvky úrodnosti	161
<b>Pšenice</b>	
– p. jarní	
– cytokinin; hnojení N; výnos zrna; lepek; pádové číslo; glutamátkináza	301
– p. ozimá	
– Al-toxicita; vliv Ca a Mg	285
– aminopeptidázy; izolace; biochemická charakteristika; zmo	35
– bílkovinné frakce; technologická kvalita; korelace	205
– délka kořenů; půdní profil; hnojení N	193
– kapalná hnojiva; foliární aplikace; efektivnost; SR	127
– klíčící zrna; startovací enzymy; analýza	97
– monokultura; výnosy zrna; vliv	161
– obilní mšice; napadení; pěstitelské faktory; vliv	499
– odrůdy	
– houbové choroby; rezistence; tolerance	489
– obilní mšice; vhodnost hostitele; biochemické charakteristiky	41
– produktivita; vodní a teplotní stres; vliv	425
– technologická jakost zrna; gluten index; vztah	105
– teplotní a vlhkostní režim vzduchu; růstové charakteristiky porostu; vztah	1
– termín zavlazňování; matematický model	559
– p. potravinářská	
– akumulace Cd a Pb; podmínky pěstování; vliv	59
<b>Půda</b>	
– aktivní Al; obsah v půdách; SR	289
– čisticí účinek p.; splaškové odpadní vody; závlaha přeroum	17
– intoxikace p.	357
– koncentrace Se; transfer Se; hlízy brambor	63
– kontaminace p.	49, 73, 119, 357, 535, 543
– měrný povrch; zemědělské p.; korelace; region jihozápadní Moravy	23
– orná p.	
– fyzikální stav p.; orba p.; hnojení kejdou prasat; vliv	133
– hnojení; vápnění; obsah C; bilance humusu; vliv	55
– společenstva dešťovek; Východoslovenská nížina	405
– pesticidy v p.; chování; predikce	551
– půdní dusík; využití; jarní ječmen	67
– půdní informační systém – PUGIS	529
– půdní mikrobiota	391, 399
– půdní profil	193
– půdní prostředí; zeolity; iontová výměna; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	149
– půdní reakce (pH); změna; kyselá srážka; aktivní Al	155
– půdní typy; fosfátový režim půd	199
– půdní uhlík; stanovení; potenciometrická titrace	115
– půdní vlhkost	365, 441
– půdy s vysokou fixací K; cukrovka; hnojení K; reakce	523
– testování p.; Mg; K	417
– vláhový režim; kvalita vody; výnosy celeru; písčitost; vlhkost p.	430
– zpracování p.	471
<b>Půdní informační systém – PUGIS</b>	
– půdní databáze; databáze pedonů	529
<b>Půdní profil</b>	
– ozimá pšenice; délka kořenů; hnojení N	193
<b>Půdní reakce (pH)</b>	
– změny; simulace kyselých srážek	155
<b>Půdní vlhkost</b>	
– bilance půdní vody; snímače VIRIRB; klimatologické stanice	365
– bramborová nať; obrůstání; vliv	441
<b>Purifikace enzymů</b>	
– ozimá pšenice; zmo; aminopeptidázy	35
<b>Rašeliniště</b>	
– Borkovická blata; kvalita povrchových vod; vliv zrašelinělého povodí	343
<b>Rekultivace výsypek</b>	
– numerická simulace; hydraulické charakteristiky; vodní režim; vliv	145
<b>Réva vinná</b>	
– kalusová kultura; produkce etylenu a etanu; <i>in vitro</i>	517
<b>Rhizobia</b>	
– mutanty; rezistence k antibiotikům; příprava; využití	385
<b>Rizikové prvky</b>	
– limity kontaminace půd; ČR	119
<b>Růst</b>	
– bob koňský; fyziologické charakteristiky r.; nádobové a polní pokusy	275
– brambory; velmi rané odrůdy; výživa N; stanoviště; analýza růstu; polní pokusy	293
<b>Růstové charakteristiky porostu</b>	
– teplotní a vlhkostní režim vzduchu; vztahy; ozimá pšenice	1
<b>Růstové regulátory</b>	
– len; prašníková kultura; kalogeneze	249
<b>Samočisticí efekt</b>	
– vodní tok; znečištění; bodový zdroj z.	11
<b>Selen</b>	
– koncentrace Se; hlízy brambor; půda	63
<b>Síra</b>	
– stanovení; Dumasova metoda; vzorky rostlin	313
<b>Skleníkové plyny</b>	
– spalování odpadů rostlinné výroby; inventarizace s. p.; SR	187
<b>Slovenská republika (SR)</b>	
– kapalná a pevná hnojiva; efektivnost aplikace; obilniny	127
– orná půda; společenstva dešťovek; Východoslovenská nížina	405
– půdy; aktivní Al; toxicita Al; současný stav	289
– spalování zemědělských odpadů; skleníkové plyny	187
– zátěž krajiny; Žiarska kotlina	137
<b>Slunečnice</b>	
– akumulace Al, Ca, Mg; vysoká acidita – Al	261
<b>Snímače VIRIRB</b>	
– klimatologické stanice; půdní vlhkost; bilance půdní vody	365
<b>Spon výsadby</b>	
– brambory; odrůdy; počet hlíz; vliv	433
<b>Srážky</b>	
– denní úhrn srážek; vyšší srážkové úhrny; vodní eroze; vliv	371
<b>Srha říznáčka</b>	
– chlorofyl; SPAD hodnota; produkce porostu; korelace	478
<b>Stagonospora nodorum</b>	
– ozimá pšenice; rezistence; tolerance; odrůdy	489
<b>Stanoviště</b>	
– brambory; velmi rané odrůdy; fotosyntéza; nárůst sušiny; vliv	293
– nahý oves; černá a ztrouchnivělá zrna; vliv	503
<b>Startovací enzymy</b>	
– hydrolázy; endoproteázy; exoproteázy; aminopeptidázy; amylázy; klíčící zrna pšenice	97
<b>Stochastický model</b>	
– cukrovka; deprese výnosu; vzdálenost výsevu; vzešlost; interakce	467
– využití; hodnocení porostů; nahodilá rozmístění; jarní ječmen	307
<b>Stopové prvky</b>	
– půda; geogenní zátěž; antropogenní kontaminace	535
<b>Sušina</b>	
– brambory	

– hybridy; genotypy; vliv .....	509	<b>Vodní a teplotní stres</b>	
– obsah s.; meziřádková vzdálenost; vliv .....	5	– ozimá pšenice; odrůdy; produktivita; vliv s. ....	425
– velmi rané odrůdy; nárůst s.; fotosyntéza .....	293	<b>Vodní eroze</b>	
– jarní ječmen; klíčení zrna; etylen; korelace .....	279	– denní úhrn srážek; vyšší srážkové úhrny; intenzita deště; vliv ...	371
– ozimá pšenice; odrůdy; obilní mšice .....	41	– vojtěška; povrchový odtok; funkční závislosti .....	375
<b>Sviluška chmelová</b>		<b>Vodní režim</b>	
– ochrana chmele; insekticidy; akaricidy; laboratorní testy .....	329	– jarní ječmen; sucho; adaptační reakce .....	481
<b>Symbiotické vlastnosti</b>		– rekultivace výsevek; numerická simulace; hydraulické charakteristiky .....	145
– mutanty; rhizobia; rezistence k antibiotikům .....	385	<b>Vodní tok</b>	
<b>Systémy pěstování</b>		– znečištění toku; samočisticí efekt; koncentrace rozpuštěného kyslíku; program QUAL2E .....	11
– potravinářská pšenice; akumulace Cd a Pb; vliv .....	59	<b>Vojtěška</b>	
<b>Škrob</b>		– odrůdy; podsev do kukuřice; kořenová hmota v.; výnosy v.; korelace .....	225
– brambory; obsah š.; meziřádková vzdálenost; vliv .....	5	– povrchový odtok vody; erozní smyv půdy; funkční závislosti ...	375
<b>Šlechtění</b>		<b>Východní Evropa</b>	
– brambory		– zásobování živinami; hnojiva; vyvážené hnojení .....	91
– hybridní kombinace; hydroponie; hodnocení .....	217	<b>Východoslovenská nížina</b>	
– sušina; bílkoviny; zárodečná plazma .....	509	– obilniny; kapalná hnojiva; pevná hnojiva; aplikace .....	127
– chmel; hybridizace; hodnocení potomstva; biochemické charakteristiky .....	317, 321	– společenstva dešťovek; orná půda .....	405
<b>Technologická jakost</b>		<b>Výnosová deprese</b>	
– ozimá pšenice		– cukrovka; vzdálenost výsevu; vzešlost porostu; vliv .....	467
– bílkovinné frakce; korelace .....	205	<b>Výživa rostlin</b>	
– gluten index; vztah .....	105	– brambory; velmi rané odrůdy; N výživa; rychlost fotosyntézy ...	293
<b>Technologie pěstování</b>		– kukuřice; nitrátová v.; amonná v.; účinnost; rozdílná ozáření ...	269
– brambory; odrůdy; počet hlíz; vliv .....	433	– titan; výnosy; kvalita produkce; toxikologie .....	83
<b>Teplotní a vlhkostní režim vzduchu</b>		<b>Vzdálenost výsevu</b>	
– růstové charakteristiky porostu; vztah; ozimá pšenice .....	1	– vzešlost porostu; cukrovka; výnosová deprese; vliv .....	467
<b>Testování půd</b>		<b>Vzešlost porostu</b>	
– hořčík; draslík; obsah Mg v rostlinách .....	417	– stochastický model	
<b>Thorium</b>		– cukrovka; výnosová deprese; vzdálenost výsevu; interakce ...	467
– kontaminace půd; kontaminace produkce; lokalita Třeboň .....	73	– korekce vzešlosti; nahodilé rozmístění .....	307
<b>Titan</b>		<b>Zaplevelení</b>	
– výživa rostlin; výnosy; kvalita produkce; toxikologie .....	83	– organické zelinářství; cibule; mrkev; regulace plamenem .....	463
<b>Tkáňová kultura</b>		<b>Zárodečná plazma</b>	
– chmel; <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; transformace chmelu .....	233	– brambory; šlechtění; genotypy .....	509
<b>Toxické kovy</b>		<b>Závlaha</b>	
– kontaminace půd; kontaminace produkce; lokalita Třeboň .....	73	– podzemní závlaha; kvalita vody; výnos celeru .....	430
<b>Transformace chmelu</b>		– termín zavlažování; matematický model; ozimá pšenice .....	559
– agroinfekce chmelu; tkáňová kultura chmelu .....	233	– závlaha přerodem; splaškové odpadní vody; čisticí účinek půdy ...	17
<b>Triticale</b>		– závlaha zeleniny; kapková závlaha; mikropostřik; účinnost .....	381
– ozimá meziplodina; laskavec; tvorba biomasy .....	141	<b>Zeolity</b>	
<b>Uhlík</b>		– NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; iontová výměna; půdní roztok .....	149
– orná půda; obsah C; hnojení; vápnění; vliv .....	55	<b>Zinek</b>	
– půdní uhlík; stanovení; potenciometrická titrace .....	115	– aluviální půdy; distribuce; mobilita; zdroj kontaminace .....	543
– stanovení; Dumasova metoda; vzorky rostlin .....	313	<b>Zóny zranitelnosti</b>	
<b>Uran</b>		– povrchové a podzemní vody; ochrana; zdroje znečištění; ČR ...	349
– kontaminace půd; kontaminace produkce; lokalita Třeboň .....	73	<b>Zpracování půdy</b>	
<b>Vápnění</b>		– konvenční; minimální; ekologický a integrovaný systém zemědělství; vybrané plodiny; cukrovka .....	471
– orná půda; obsah C; bilance humusu; vliv v. ....	55	<b>Zrno</b>	
<b>Vápník</b>		– bezpluchý oves; černá a ztrouchnivělá zrna; doba setí; ročník; stanoviště; genotyp; vlivy .....	503
– akumulace; kukuřice; slunečnice; vysoká acidita – Al .....	261	– jarní ječmen; posklizňové dozrávání; gibbereliny; alfa-amyláza; změny aktivity .....	101
– Al-toxicita; ozimá pšenice; vliv Ca .....	285	– oves; beta-glukany; lokalita; hnojení N; vliv .....	29
<b>Vhodnost hostitele</b>		– ozimá pšenice	
– ozimá pšenice; odrůdy; obilní mšice .....	41	– aminopeptidázy; izolace; biochemická charakteristika .....	35
<b>Vláhový režim</b>		– klíčení zrna; startovací enzymy; analýza .....	97
– písčitolinitá půda; kvalita vody; výnosy celeru .....	430	– technologická jakost z.; gluten index; vztah .....	105
<b>Voda</b>		<b>Žito</b>	
– efektivnost využití vody; jarní ječmen; draslík .....	481	– mladé rostliny ž.; obsah Mg; zásobenost půdy Mg; korelace ...	417
– podzemní a povrchové vody; zóny zranitelnosti; zdroje znečištění; ochrana vod; ČR .....	349	– ozimé ž.; kapalná hnojiva; foliární aplikace; efektivnost; SR ...	127
– povrchové vody; kvalita; rašeliniště .....	343		
– splaškové odpadní vody; závlaha přerodem; čisticí účinek půdy ...	17		

## SUBJECT INDEX

- Abscisic acid**  
 – kernels dormancy; spring barley; production of a. a.; relation to dormancy ..... 245
- Acaricides**  
 – hop; pests; protection; laboratory tests ..... 329
- Acid precipitation**  
 – soil reaction; active Al; changes ..... 155
- Adapting reactions**  
 – water and temperature stress; winter wheat; varieties ..... 425
- Agrobacterium tumefaciens**  
 – hop agroinfection; hop tissue culture; hop transformation ..... 233
- Air temperature and humidity regime**  
 – growth characteristics of stand; correlation; winter wheat ..... 1
- Alpha-amylase**  
 – changes in the activity; post-harvest maturation of grains; spring barley ..... 101  
 – inhibition; glutene proteins ..... 495  
 – wheat grain germination; activity ..... 97
- Aluminium**  
 – accumulation; maize; sunflower; high acidity – Al ..... 261  
 – Al toxicity  
 – change in soil reaction; acid precipitation ..... 155  
 – soils; present state; SR ..... 289  
 – winter wheat; Ca; Mg; effect ..... 285
- Amaranth (*Amaranthus*)**  
 – *A. mantegazzianus*; formation of biomass; catch crop; triticale ..... 141  
 – *A. sp.*; varieties; seed yield; stand structure; influence of the variety ..... 109
- Amino acids**  
 – amaranth; varieties; seeds; a. a. content ..... 109  
 – free a. a.; winter wheat; varieties; leaves; cereal aphids ..... 41
- Amino peptidases**  
 – wheat grain germination; activity ..... 97  
 – winter wheat; grain; isolation; biochemical characteristics ..... 35
- Analytical methods**  
 – phosphate regime; soil types; reaction of a. m. to P fertilization ..... 199
- Anther culture**  
 – flax; affecting factors ..... 249
- Anthropogenic load**  
 – biomass; groups of microorganism; indication of soil quality; effect ..... 391  
 – soil microflora; respirant activity; dehydrogenase activity; effect ..... 399
- Antibiotics**  
 – a. resistance; rhizobia; mutants; preparation; use ..... 365
- Barley**  
 – seed; micromycetes; germination of seeds ..... 457  
 – spring b.  
 – evaluation of the stand; random distribution; stochastic model; use ..... 307  
 – germination; endogenous ethylene; aging of leaves ..... 279  
 – kernels; dormancy; ethylene; ethane; abscisic acid ..... 245  
 – liquid fertilizers; foliar application; effectiveness; SR ..... 127  
 – post-harvest maturation; gibberellins; alpha-amylase; changes in the activity ..... 101  
 – soil nitrogen; fertilizer nitrogen; using ..... 67  
 – water regime; growth and accumulation process ..... 481  
 – winter b.  
 – liquid fertilizers; foliar application; effectiveness; SR ..... 127
- Beta-glucans**  
 – oat varieties; grain; locations; N fertilization; effect ..... 29
- Biochemical characteristics**  
 – hop; hybridization; progenies evaluation ..... 317  
 – winter wheat; grain; aminopeptidases ..... 35
- Biomass**  
 – amaranth; b. formation; parts of plants; winter catch-crop triticale ..... 141  
 – microbial biomass; long-term fertilization; anthropogenic load; effect ..... 391
- Bitter acids**  
 – alpha- and beta-b. a.; hop varieties; breeding; biochemical analysis ..... 321  
 – alpha-b. a.; virus-free hop; tissue cultures ..... 333
- Breeding**  
 – hop; hybridization; evaluation of progenies; biochemical characteristics ..... 317, 321  
 – potatoes  
 – dry matter; proteins; germplasm ..... 509  
 – hybrid combinations; hydroponics; evaluation ..... 217
- Brewing value**  
 – hop; breeding; evaluation of hybrids ..... 321
- Cadmium**  
 – alluvial soils; distribution; mobility; source of contamination ..... 543  
 – bread wheat; Cd accumulation; farming systems; influence ..... 59
- Calcium**  
 – accumulation; maize; sunflower; high acidity – Al ..... 261  
 – Al-toxicity; winter wheat; effect of Ca ..... 285
- Callus culture**  
 – vine; ethylene and ethane production ..... 517
- Carbon**  
 – arable soil; C content; fertilization; liming; effect ..... 55  
 – carbon in soil; determination; potentiometric titration ..... 115  
 – determination; Dumas method; plant samples ..... 313
- Carrots**  
 – weed; flame weeding; yield; organic vegetable farming ..... 463
- Catch crop**  
 – winter catch crop; triticale; amaranth after triticale; biomass formation ..... 141
- Celery**  
 – yields; sandy loam; moisture regime; water quality ..... 430
- Cereal aphids**  
 – winter wheat  
 – *M. dirhodum*; *R. padi*; *S. avenae*; occurrence; growing factors; effect ..... 499  
 – varieties; host suitability; biochemical characteristics; correlation ..... 41
- Cereals**  
 – barley ..... 67, 101, 127, 245, 279, 307, 457, 481  
 – oat ..... 29, 169, 503  
 – rye ..... 127, 417  
 – triticale ..... 141  
 – wheat ..... 1, 35, 41, 59, 97, 105, 127, 161, 193, 205, 285, 301, 425, 489, 499, 559  
 – yields; long-term fertilization; mineral and mineralizable soil N ..... 411
- Chlorophyll**  
 – SPAD number; cocksfoot; primary grassland production; prediction ..... 478
- Climatic stations**  
 – soil moisture; soil water balance; VIRRIB sensors ..... 365
- Cocksfoot**  
 – chlorophyll; SPAD number; grassland production; correlation ..... 478
- Complement of variation coefficient (ADV)**  
 – maize; yield; year variability ..... 211

<b>Compost</b>	
– c. maturity; maturity determination; germination index; correlation	79
<b>Concentration of dissolved oxygen</b>	
– water flow; point source of contamination; modelling of c.	11
<b>Conductivity</b>	
– pea; seed; quality; conductivity test	449
<b>Contamination</b>	
– atmosphere; Žiarska kotlina; SR	137
– plants; Žiarska kotlina; SR;	137
– soils	
– alluvial s.; heavy c.; Cd; Pb; Zn; Litavka river	543
– geogenic and anthropogenic c.; risk regions	535
– persistent organic xenobiotic substances; limits; CR	49
– risk elements; limit values	119, 357
– toxic metals; production c.; Třeboň region	73
– underground waters; Žiarska kotlina	137
<b>Correlation and regression</b>	
– cocksfoot; SPAD number; dry matter production	478
– compost; compost maturity; germination index; biological test; respiration method	79
– earthworms; soil characteristics; abundance; biomass of e.	405
– lucerne; undersowing in maize; parameters of root biomass	225
– pea; seed; germination test; conductivity test; field emergence	449
– plant analysis; C, N, S determination; Dumas method; IPE test	313
– potatoes; hybrid combinations; plant length; root length; plant weight; root weight; tubers number and weight	217
– rye; young plants; Mg content in plants; soil supply with Mg	417
– soil	
– active aluminium; pH/KCl; C <sub>ox</sub> content; SR	289
– available phosphorus; analytical methods; fertilization	199
– carbon in soil; titration determination; potentiometric determination	115
– soil supply with Mg; Mg content in plants	417
– specific surface area; basic characteristics of soils	23
– toxic metals; topsoils; Třeboň region	73
– spring barley	
– germination; endogenous ethylene; dry matter weight	279
– kernels; ethylene; ethane; abscisic acid	245
– spring wheat; cytokinin; nitrogen fertilization; glutamate kinase; wet gluten; falling number	301
– winter wheat	
– air temperature; dry matter weight; soil moisture; growth characteristics	1
– aminopeptidase activity; grain maturation	35
– gluten index; micro-SDS test; crude protein; wet gluten	105
– leaves; dry matter; amino acids; sugars; aphid infestation	41
– protein fractions; technological quality	205
– varieties; fungal diseases; ear productivity; yield reduction	489
<b>Crown vetch (<i>Coronilla varia</i> L.)</b>	
– varieties; identification; proteins; enzymes; electrophoresis	179
<b>Cucumber</b>	
– hybrid c.; molecular markers; c. seeds verification	241
<b>Cycle of year-to-year deviation</b>	
– maize; yield development; agrotechnical experiments	211
<b>Cytokinin</b>	
– application of c.; spring wheat; wet gluten; falling number; glutamate kinase	301
<b>Czech Republic (CR)</b>	
– soil contamination	
– persistent organic xenobiotic substances; limit values	49
– risk elements; limit values	119
– water protection; zones of vulnerability; sources of contamination	349
<b>Database</b>	
– soil d.; pedon d.; PUGIS	529
<b>Design discharge</b>	
– model catchment; rainfall; inflow on a slope; runoff from a slope	337
<b>Dormancy</b>	
– spring barley; kernels	
– ethylene; ethane; abscisic acid	245
– post-harvest maturation; gibberellins; alpha-amylase; activity	101
<b>Dry matter</b>	
– potatoes	
– dry matter content; row spacing; effect	5
– hybrids; genotypes; effect	509
– very early varieties; photosynthesis	293
– spring barley; germinating grain; ethylene; correlation	279
– winter wheat; varieties; cereal aphids	41
<b>Dumas method</b>	
– plant analysis; determination of C, N, S	313
<b>Earthworm</b>	
– e. community; arable soil; East-Slovak Lowland	405
<b>East-Slovak Lowland</b>	
– cereals; liquid fertilizers; solid fertilizers; application	127
– earthworms community; arable soil	405
<b>Eastern Europe</b>	
– nutrient supply; fertilizers; balanced fertilization	91
<b>Ecological and integrated farming systems</b>	
– crops yield; sugar beet quality; conventional and minimal soil cultivation	471
<b>Electrophoresis</b>	
– genotype distinguishing; globulins; prolamins; oat	169
– 7SL RNA polymorphism; TGGE-fingerprinting; hop	173
– varieties identification; proteins; enzymes; crown vetch	179
<b>ELISA</b>	
– virus-free hop; meristem culture; health control	333
<b>Endo-; exoproteases</b>	
– wheat grain germination; activity	97
<b>Energy requirements for ploughing</b>	
– ploughing; pig slurry application; influence	133
<b>Enzymes</b>	
– electrophoresis; crown vetch; varieties; identification	179
– starter enzymes; wheat; analysis	97
<b>Ethane</b>	
– kernels dormancy; spring barley; e. production; relation to dormancy	245
– vine; callus culture; e. production	517
<b>Ethylene</b>	
– germination; spring barley; endogenous e.	279
– kernel dormancy; spring barley; e. production; relation to dormancy	245
– vine; callus culture; e. production	517
<b>Faba bean (<i>Vicia faba</i> L.)</b>	
– growth; production; physiological characteristics; field and pot trials	275
<b>Falling number</b>	
– application of cytokinin; N fertilization; spring wheat; effect	301
<b>Farming systems</b>	
– bread wheat; Cd and Pb accumulation; influence	59
<b>Fertilization</b>	
– arable soils; C concentration; humus balance; effect of f.	55
– balance f.; nutrient supply; Eastern Europe	91
– long-term f.; soil microflora; effect	391, 399
– oat; N fertilization; beta-glucan content; effect	29
– phosphate f.; soil types; analytical methods; reaction to P f.	199
– pig slurry; physical condition of soil; soil ploughing; effect	133
– potatoes; N fertilization; tuber yield; effect	5
– spring barley; N fertilization; using of fertilizer	67
– spring wheat; N fertilization; grain yield; falling number; glutamate kinase	301

– sugar beet; K fertilization; high K-fixing soils	523
– winter wheat; N fertilization; root length; soil profile; content of mineral N	193
<b>Fertilizers</b>	
– liquid f.; solid f.; application effectiveness; cereals; SR	127
<b>Field emergence</b>	
– pea; seed; quality and yield of p.; correlation	449
<b>Field trials</b>	
– cereals; liquid and solid fertilizers; effectiveness	127
– faba bean; growth; production; physiological characteristics	275
– lucerne; undersowing in maize; forage yield	225
– oat; beta-glucan content; ecological and cropping factors; effect	29
– potatoes	
– haulm regrowths; reducing	441
– row spacing; yield; effect	5
– seed cutting; yield; influence of varieties	453
– very early varieties; photosynthesis	293
– soil	
– long-term fertilization	
– soil microflora; activity	391, 399
– yield of cereals	411
– phosphate regime; analytical methods	199
– sugar beet	
– K-fertilization; response	523
– quality; integrated and ecological systems farming	471
– winter wheat	
– monoculture; yields; interrupting crop	161
– varieties; fungal diseases; resistance	489
<b>Flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.)</b>	
– anther culture; affecting factors	249
<b>Fusarium culmorum</b>	
– winter wheat; resistance; tolerance; varieties	489
<b>Genotypes</b>	
– naked oat; black and rotten grains; effect of g.	503
– oats; genotype distinguishing; electrophoresis	169
– potatoes; varieties; production and utility value	509
– winter wheat; varieties; productivity; stress factors; differences among genotypes	425
<b>Geogenic loads</b>	
– soil; impacted regions	535
<b>Germination</b>	
– barley; pea; micromycetes; growth of germinative plants	457
– pea; seed quality; germination test	449
– spring barley	
– endogenous ethylene; aging of leaves	279
– g. energy; g. index; gibberellins; alpha-amylase	101
– wheat; starter enzymes; analysis	97
<b>Germination index</b>	
– compost maturity; maturity determination; correlation	79
– spring barley; post-harvest maturation; gibberellins; alpha-amylase	101
<b>Germplasm</b>	
– potatoes; breeding; genotypes	509
<b>Gibberellins</b>	
– changes in the activity; post-harvest maturation of grains; spring barley	101
<b>Globulins</b>	
– oats; genotype distinguishing; electrophoresis	169
<b>Glutamate kinase</b>	
– application of cytokinin; N fertilization; spring wheat; effect	301
<b>Gluten index</b>	
– winter wheat; technological quality of grain; relationship	105
<b>Gluten proteins</b>	
– alpha-amylase; inhibition	495
<b>Grain</b>	
– naked oat; black and rotten grains; sowing term; year; site; genotype; effects	503
– oat; beta-glucans; location; N fertilization; effect	29
– spring barley; post-harvest maturation; gibberellins; alpha-amylase; activity changes	101
– winter wheat	
– aminopeptidases; isolation; biochemical characteristics	35
– grain germination; starter enzymes; analysis	97
– technological quality of g.; gluten index; relationship	105
<b>Greenhouse gases</b>	
– agricultural waste burning; inventory of g. g.; SR	187
<b>Growing technology</b>	
– potatoes; varieties; number of tubers; effect	433
<b>Growth</b>	
– faba bean; physiological characteristics of g.; field and pot trials	275
– potatoes; very early varieties; N nutrition; location; growth analysis; field trials	293
<b>Growth characteristics of stand</b>	
– air temperature and humidity regime; correlations; winter wheat	1
<b>Growth regulators</b>	
– <i>Linum usitatissimum</i> ; anther culture; callogenesis	249
<b>Hop (<i>Humulus lupulus</i> L.)</b>	
– breeding; hybridization; biochemical characteristics; progenies	317
– brewing value; hop breeding material; classification	321
– hop aphid; two-spotted spider mite; hop protection; laboratory test	329
– RNA polymorphism; TGGE-fingerprinting	173
– viroid agroinfection; <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; tissue culture; h. transformation	233
– virus-free h.; tissue cultures; propagation; planting stock; alpha-bitter acids	333
<b>Hop aphid</b>	
– hop protection; insecticides; acaricides; laboratory tests	329
<b>Hop essential oils</b>	
– hop varieties; breeding; biochemical analysis	321
<b>Hop resins</b>	
– hop varieties; breeding; biochemical analysis	321
<b>Hop transformation</b>	
– hop agroinfection; hop tissue culture	233
<b>Host suitability</b>	
– winter wheat; varieties; cereal aphids	41
<b>Humus</b>	
– h. balance; arable soil; fertilization; liming; effect	55
<b>Hybridization</b>	
– cucumber hybrids; verification; molecular markers	241
– hop; progenies evaluation; biochemical characteristics	317
– potatoes; hybrid combination; evaluation	217
<b>Hydrolases</b>	
– wheat grain germination; activity	97
<b>Hydroponics</b>	
– potatoes; hybrid combinations; evaluation	217
<b>Indication of soil quality</b>	
– long-term fertilization; anthropogenic load; microorganisms	391, 399
<b>Inhibition</b>	
– alpha-amylase; glutene proteins	495
<b>Insecticides</b>	
– hop; pests; protection; laboratory tests	329
<b>Interaction</b>	
– spacing; stand emergence rate; yield depression; sugar beet	467
<b>Interrupting crop</b>	
– monoculture; winter wheat; yield-forming elements	161
<b>Intoxication</b>	
– soil; standards-limits	357

<b>In vitro</b>	
– callus culture of vine; ethylene and ethane production	517
– kernels; spring barley; dormancy; ethylene; ethane; abscisic acid	245
– tissue cultures; propagation; virus-free hop	333
<b>Ion-exchange</b>	
– ammonium-ions; enriched zeolites; release; soil solution	149
<b>Irradiance</b>	
– different i.; maize; nitrate and ammonium nutrition; efficiency	269
<b>Irrigation</b>	
– flood irrigation; wastewater drain; purifying effect of soil	17
– irrigation of vegetables; drip irrigation; microspraying efficiency	381
– irrigation timing; mathematical model; winter wheat	559
– underground irrigation; water quality; yield of celery	430
<b>Kernels</b>	
– k. dormancy; spring barley; ethylene; ethane; abscisic acid	245
<b>Laboratory tests</b>	
– utilization; hop protection; pests	329
<b>Lead</b>	
– alluvial soils; distribution; mobility; source of contamination	543
– food wheat; Pb accumulation; farming systems; influence	59
<b>Liming</b>	
– arable soil; carbon concentration; humus balance; effect of l.	55
<b>Location</b>	
– naked oat; black and rotten grains; effect	503
– potatoes; very early varieties; photosynthesis; dry matter accumulation effect	293
<b>Long-term fertilization</b>	
– biomass; groups of microorganism; indication of soil quality; effect	391
– mineral N; mineralizable N; yield of cereals	411
– soil microflora; respirant activity; dehydrogenase activity; effect	399
<b>Lucerne</b>	
– varieties; undersowing in maize; root biomass of l.; lucerne yields; correlation	225
– water surface runoff; erosion soil washing; functional dependences	375
<b>Lysimeters</b>	
– underground irrigation; water quality; sandy loam; yields of celery	430
<b>Magnesium</b>	
– accumulation; maize; sunflower; high acidity – Al	261
– Al-toxicity; winter wheat; effect of Mg	285
– soil supply with Mg; Mg content in plants; correlation	417
<b>Maize</b>	
– accumulation of Al, Ca, Mg; high acidity	261
– nitrate and ammonium nutrition; efficiency; radiation use	269
– undersowing of lucerne; varieties; root biomass of lucerne; lucerne yields	225
– yield; year variability; complement of variation coefficient	211
<b>Mathematical models</b>	
– BPS model; pesticide in soils; prediction; soil GIS application	551
– model of canopy water regime; irrigation; winter wheat	559
<b>Measuring sensors watermark</b>	
– yield efficiency of water; irrigation of vegetables	381
<b>Meristem cultures</b>	
– virus-free hop; ELISA; propagation; planting stock	333
<b>Micromycetes</b>	
– isolation from the seeds; pea and barley seeds; germination	457
<b>Microorganisms</b>	
– group of m.; long-term fertilization; anthropogenic load; effect	391
<b>Micro-SDS test</b>	
– methods of analyses; technological quality; wheat grain	105
<b>Model catchment</b>	
– design discharge; rainfall; inflow on a slope; runoff from a slope	337
<b>Moisture regimes</b>	
– sandy loam; water quality; yields of celery	430
<b>Molecular markers</b>	
– RAPD; PCR; hybrid cucumber; cucumber seeds verification	241
<b>Monoculture</b>	
– winter wheat; yield; interrupting crop; effect	161
<b>Mutants</b>	
– rhizobia; antibiotic resistance; preparation; use	385
<b>Nitrogen</b>	
– determination; Dumas method; plant samples	313
– mineral and mineralizable soil N; yields of cereals	411
– mineral N; soil profile; winter wheat; root length	193
– nitrogen rate	
– potato haulm; regrowth; effect	441
– potatoes; varieties; number of tubers	433
– protein content; amaranth; seeds	109
– soil; N balance; spring barley	67
<b>Oat (<i>Avena sativa</i> L.)</b>	
– genotype distinguishing; globulins; prolamins; electrophoresis	169
– naked o.; black and rotten grains; occurrence	503
– oat varieties; grain; beta-glucans; locations; N fertilization; effect	29
<b>Organic farming</b>	
– weed carpet; seeded onions; carrots; weed reduction	463
<b>Phosphorus</b>	
– available P; analytical methods; fertilization; soil types	199
<b>Photosynthesis</b>	
– photosynthetic rate; potatoes; very early varieties; N nutrition; location; tuber yield	293
<b>Phytotoxicity</b>	
– Al; Ca; Mg; maize; sunflower; high acidity – Al	261
<b>Pea</b>	
– seed	
– micromycetes; germination of s.	457
– origin; quality and yield of p.; effect	449
<b>Peat land</b>	
– Borkovická blata; surface water quality; effect of peat water basin	343
<b>Persistent organic xenobiotic substances</b>	
– soil contamination; limit values; CR	49
<b>Pesticides</b>	
– p. behaviour in soils; prediction; mathematical model (BPS)	551
<b>Pig slurry</b>	
– application; physical condition of soil; ploughing; influence	133
<b>Plant analysis</b>	
– sample; determination of C, N, S; Dumas method	313
<b>Plant nutrition</b>	
– maize; nitrate n.; ammonium n.; efficiency; different irradiance	269
– potatoes; very early varieties; N nutrition; photosynthetic rate	293
– titanium; yield; production quality; toxicology	83
<b>Plant production wastes</b>	
– burning; greenhouse emission; SR	187
<b>Planting spacing</b>	
– potatoes; varieties; number of tubers; effect	433
<b>Pot trials</b>	
– faba bean; growth; production; physiological characteristics	275
– spring barley; water regime; adaptation reactions	481
– zeolites; ion-exchange	149
<b>Potassium</b>	
– soil testing; weight ratio Mg/K	417
– spring barley; efficiency of water utilization; biomass production	481
<b>Potato haulm</b>	
– regrowth; h. destruction – mechanical; chemical; date; other treatments	441

<b>Potatoes</b>	
– breeding	
– genotypes; dry matter; proteins; germplasm	509
– hybrid combinations; hydroponics; evaluation	217
– potato tubers; Se concentration	63
– row spacing; N fertilization; tuber yield; starch and dry matter content; effect of r. s.	5
– varieties	
– number of tubers; planting spacing; nitrogen rate; growing technology; effect	433
– Resy; Santé; seed cutting; yield	453
– very early v.; N nutrition; location; photosynthetic rate; tuber yield	293
<b>Potentiometric titration</b>	
– carbon soil; determination	115
<b>Precipitation</b>	
– daily precipitation depth; higher precipitation depth; water erosion; effect	371
<b>Prolamins</b>	
– oats; genotype; distinguishing; electrophoresis	169
<b>Protection against pests</b>	
– hop; laboratory experiments; utilization	329
<b>Protein fractions</b>	
– winter wheat; technological quality; correlation	205
<b>Proteins</b>	
– crude p.	
– potatoes; genotypes	509
– wheat grain; technological quality	105
– net p.; potatoes; genotypes	509
– seed storage p.	
– crown vetch; varieties; identification; electrophoresis	179
– oats; genotype distinguishing; electrophoresis	169
<b>Purification of enzymes</b>	
– winter wheat; grain; aminopeptidases	35
<b>Purifying effect of soil</b>	
– flood irrigation; waste waters	17
<b>Rain intensity</b>	
– higher precipitation depth; water erosion; effect	371
<b>Reaeration coefficient</b>	
– water flow; point source of contamination; concentration of dissolved oxygen; program QUAL2E	11
<b>Reclamation of dumps</b>	
– numerical simulation; hydraulic characteristics; water regime	145
<b>Rhizobia</b>	
– mutants; antibiotic resistance; preparation; use	385
<b>Risk elements</b>	
– soil contamination limits; CR	119
<b>RNA polymorphism</b>	
– hop; TGGE-fingerprinting	173
<b>Roots</b>	
– r. biomass; undersowing in maize; lucerne forage yield	225
– winter wheat	
– Ca and Mg contents in soil; Al-toxicity	285
– irrigation; simple model; r. system	559
– r. length; mineral N in soil	193
<b>Row spacing</b>	
– potatoes; tuber yield; starch and dry matter; effect of r. s.	5
<b>Rye</b>	
– winter r.; liquid fertilizer; foliar application; effectiveness; SR	127
– young r. plants; Mg content; soil supply with Mg; correlation	417
<b>Scurf of potatoes</b>	
– potato haulm; regrowth; effect	441
<b>Seed</b>	
– barley; pea; micromycetes; germination	457
– pea; origin; quality and yield of p.; effect	449
<b>Seed cutting</b>	
– potatoes; varieties Resy and Santé; yield	453
<b>Seeded onions</b>	
– weed; flame weeding; yield; organic vegetable farming	463
<b>Selenium</b>	
– Se concentration; potato tubers; soil	63
<b>Self-cleaning effect</b>	
– water flow; contamination; point source of c.	11
<b>Slovak Republic (SR)</b>	
– agricultural waste burning; greenhouse emission	187
– arable soil; earthworm community; East-Slovak Lowland	405
– liquid and solid fertilizers; application effectiveness; cereals	127
– load of landscape; territory of Zárska kotlina	137
– soils; active Al; Al-toxicity; present state	289
<b>Soil cultivation</b>	
– conventional; minimal; ecological and integrated farming system; crop; sugar beet	471
<b>Soil information system – PUGIS</b>	
– soil database; pedon database	529
<b>Soil moisture</b>	
– potato haulm; regrowth; effect	441
– soil water balance; VIRIB sensors; climatic stations	365
<b>Soil ploughing</b>	
– specific plough resistance; pig slurry application; influence	133
<b>Soil profile</b>	
– winter wheat; root length; N fertilization	193
<b>Soil reaction</b>	
– changes; simulation of acid precipitation	155
<b>Soil testing</b>	
– magnesium; potassium; Mg content in plants	417
<b>Soil water balance</b>	
– soil moisture; VIRIB sensors; climatic stations	365
<b>Spacing</b>	
– stand emergence rate; sugar beet; yield depression; effect	467
<b>Specific plough resistance</b>	
– ploughing; pig slurry application; influence	133
<b>Specific surface area</b>	
– soil; total s. s. a.; internal s. s. a.; correlation; region of southwestern Moravia	23
<b>Spring lettuce</b>	
– drip irrigation; microspraying; efficiency	381
<b>Stagonospora nodorum</b>	
– winter wheat; resistance; tolerance; varieties	489
<b>Stand emergence rate</b>	
– stochastic model	
– correction of emergence rate; random distribution	307
– sugar beet; yield depression; spacing; interaction	467
<b>Starch</b>	
– potatoes; s. content; row spacing; effect	5
<b>Starter enzymes</b>	
– hydrolases; endoproteases; exoproteases; aminopeptidases; amylases; germination of wheat grain	97
<b>Stochastic model</b>	
– sugar beet; yield depression; spacing; stand emergence rate; interaction	467
– use; evaluation of the stands; random distribution; spring barley	307
<b>Sugar beet</b>	
– potassium fertilization; high K-fixing soil	523
– yield depression; spacing; stand emergence rate; effect	467
– yields; sugar content; molasses forming; substances; integrated and ecological farming systems	471
<b>Sugars</b>	
– winter wheat; varieties; leaves; cereal aphids	41

<b>Sulphur</b>	
– determination; Dumas method; plant samples	313
<b>Summer cauliflower</b>	
– drip irrigation; microspraying; efficiency	381
<b>Sunflower</b>	
– accumulation of Al, Ca, Mg; high acidity – Al	261
<b>Symbiotic traits</b>	
– mutants; rhizobia; antibiotic resistance	385
<b>Technological quality</b>	
– winter wheat	
– gluten index; correlation	105
– protein fractions; correlation	205
<b>Thorium</b>	
– soil contamination; production contamination; Třeboň region	73
<b>Tissue culture</b>	
– hop; <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; hop transformation	233
<b>Titanium</b>	
– plant nutrition; yield; production quality; toxicology	83
<b>Toxic metals</b>	
– soil contamination; production contamination; Třeboň region	73
<b>Trace elements</b>	
– soil; geogenic loads; anthropogenic contamination	535
<b>Triticale</b>	
– winter catch-crop; amaranth; formation of biomass	141
<b>Tuber</b>	
– potatoes	
– number of tubers; planting spacing; nitrogen rate; growing technology; effect	433
– Se concentration; soils	63
– tuber yield; row spacing; effect	5
<b>Two-spotted spider mite</b>	
– hop protection; insecticides; acaricides; laboratory tests	329
<b>Undersowing</b>	
– u. of lucerne; maize; root biomass of lucerne; lucerne yields	225
<b>Uranium</b>	
– soil contamination; production contamination; Třeboň region	73
<b>Varieties</b>	
– amaranth; seed yield; influence of the v.	109
– crown vetch; varieties identification; electrophoresis	179
– hop; breeding; biochemical analysis	321
– lucerne; undersowing into maize; root biomass of lucerne; lucerne yields; correlation	225
– oat; grain; beta-glucan; locations; N fertilizers; effect of v.	29
– potatoes	
– number of tubers; planting spacing; nitrogen rate; growing technology	433
– Resy; Santé; seed cutting; yield	453
– very early v.; N nutrition; location; photosynthetic rate; tuber yield	293
– spring barley; kernel dormancy; production of ethylene, ethane and abscisic acid	245
– winter wheat	
– cereal aphids; host suitability; biochemical characteristics; relationship	41
– fungal diseases; tolerance; resistance	489
– productivity; water and temperature stress; effect	425
<b>Vine</b>	
– callus culture; ethylene and ethane production; <i>in vitro</i>	517
<b>VIRRID sensors</b>	
– climatic stations; soil moisture; soil water balance	365
<b>Water</b>	
– efficiency of water utilization; spring barley; potassium	481
– surface waters; quality; peat land	343
– underground and surface waters; zones of vulnerability; sources of contamination; water protection; CR	349
– wastewater drain; flood irrigation; purifying effect of soil	17
<b>Water and temperature stress</b>	
– winter wheat; varieties; productivity; effect of s.	425
<b>Water erosion</b>	
– daily precipitation depth; higher precipitation depth; rain intensity; effect	371
– lucerne; surface runoff; functional dependences	375
<b>Water flow</b>	
– flow contamination; self-cleaning effect; concentration of dissolved oxygen; program QUAL2E	11
<b>Water protection</b>	
– underground and surface waters; zones of vulnerability; sources of contamination	349
<b>Water regime</b>	
– reclamation of dumps; numerical simulation; hydraulic characteristics	145
– spring barley; drought; adaptation reactions	481
<b>Water surface runoff</b>	
– lucerne; water erosion; functional dependences	375
<b>Weed carpet</b>	
– organic vegetable farming; seeded onions; carrots; flame weeding	463
<b>Wet gluten</b>	
– application of cytokinin; N fertilization; spring wheat; effect	301
– technological quality; wheat grain	105
<b>Wheat</b>	
– bread w.	
– Cd and Pb accumulation; growing condition; effect	59
– spring w.	
– cytokinin; N fertilization; grain yield; wet gluten; falling number; glutamate kinase; effect	301
– winter w.	
– air temperature; humidity regime; growth characteristics of stand; relationship	1
– Al-toxicity; effect of Ca and Mg abundance	285
– aminopeptidases; isolation; biochemical characteristics; grain	35
– cereal aphids; occurrence; growing factors; effect	499
– grain germination; starter enzymes; analysis	97
– irrigation timing; mathematical model	559
– liquid fertilizers; foliar application; effectiveness; SR	127
– monoculture; yield-forming elements; effect	161
– protein fractions; technological quality; correlation	205
– root length; soil profile; N fertilization	193
– technological quality of grain; gluten index; relationship	105
– varieties	
– cereal aphids; host suitability; biochemical characteristics; relationship	41
– fungal diseases; tolerance; resistance	489
– productivity; water and temperature stress; effect	425
<b>Yield depression</b>	
– sugar beet; spacing; stand emergence rate; effect	467
<b>Zeolites</b>	
– NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; ion-exchange; soil solution	149
<b>Zinc</b>	
– alluvial soils; distribution; mobility; source of contamination	543
<b>Zones of vulnerability</b>	
– underground and surface waters; protection; sources of contamination; CR	349

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## OBSAH – CONTENTS

Kozák J., Němeček J., Jetmar M.: The database of soil information system – PUGIS – Databáze půdního informačního systému – PUGIS.....	529
Němeček J., Podlešáková E., Vácha R.: Geochemické a antropogenní zatížení půd – Geogenic and anthropogenic soil loads.....	535
Borůvka L., Huan-Wei Ch., Kozák J., Křišťoufková S.: Heavy contamination of soil with cadmium, lead and zinc in the alluvium of the Litavka river – Silná kontaminace půdy kadmíem, olovem a zinkem v nivě řeky Litavky.....	543
Kozák J., Vacek O.: The mathematical model (BPS) for prediction of pesticide behaviour in soils – Matematický model (BPS) pro predikci chování pesticidů v půdách.....	551
Huzulák J., Matejka F.: Irrigation timing by means of simple model of canopy water regime – Určenie termínu zavlažovania pomocou matematického modelu vodného režimu porastu.....	559
Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – FROM THE SPHERE OF SCIENCE	
Hrubý J., Badalíková B.: Ekologické a ekonomické systémy hospodaření na půdě.....	542