

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD
MIMOPRAVNÍKOVSKÝ ÚSTAV
GROUPOVÝ ÚSTAV
PRAHA 1 - TRÁVNÍKOVSKÝ 3, 17

7

VOLUME 44
PRAHA
ČERVENEC 1998
CS ISSN 0370-663X

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

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

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

Členové – Members

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

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

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

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

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

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

Ing. Timotej Mištin, CSc. (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Piešťany, SR)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

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

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

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 44 vychází v roce 1998.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Eva Stříbrná, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@login.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1998 je 744 Kč.

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

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

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 44 appearing in 1998.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@login.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1998 is 177 USD (Europe), 195 USD (overseas).

INFLUENCE OF ECONOMICAL IRRIGATION ON THE YIELD AND QUALITY OF HOPS

VLIV ÚSPORNÝCH ZÁVLAH NA VÝNOS A KVALITU CHMELE

L. Slavík¹, J. Kopecký²

¹Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

²Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec, Czech Republic

ABSTRACT: Hop irrigation systems mean a hydromelioration factor for stability of hops production. Need of irrigation, efficiency of economical irrigational systems (trickle irrigation and a microspray systems), resp., were evaluated in field experiments. Necessity of supplementary efficient irrigation was found each year within the study period (1995 to 1997) in Žatec hop region. If irrigational water in specific terms and rates was supplied, the yield of dry hops was higher by 0.31 t.ha⁻¹, when a trickle irrigational system was used. Its production was 0.76 kg of dry hops per 1 m³ of supplied irrigational water. It means that 1.26 m³ of water per hectare supplied by a trickle irrigation system is necessary for 1 kg of dry hops. To check the dynamics of soil moisture in the active depth of saturation, Watermark sensors delivered from the USA for monitorship of sucking pressure of soil water were used.

hops; economic irrigation; habitus of hop plants; yield and quality of hops; trickle irrigation; efficiency of irrigational water

ABSTRAKT: Závlahy chmele představují hydromeliorační faktor důležitý pro stabilizaci výnosů chmele. Experimentálně byla posouzena potřeba závlahování, resp. výnosová účinnost úsporných závlahových systémů (kapkové závlahy a mikropostřiku). V letech 1995 až 1997 byla ve chmelářské oblasti v Žatci potvrzena potřeba účinných doplňkových závlah. Dodáním závlahových dávek vody v termínech prokázané potřeby byl při kapkové závlaze výnos suchého chmele zvýšen o 0,31 t.ha⁻¹. Účinnost vody dodané kapkovou závlahou činí v průměru 0,76 kg suchého chmele na 1 m³ dodané vody. Pro zvýšení výnosu chmele závlahou o 1 kg je zapotřebí 1,26 m³ vody. Zavedený způsob řízení závlahového režimu chmele byl monitorován měrnými čidly pro měření sacích tlaků půdní vody Watermark (USA).

chmel; úsporné závlahy; habitus rostlin; výnos a kvalita chmele; kapková závlaha; účinnost závlahové vody

INTRODUCTION

Efficient economical irrigational systems are an important condition for stabilization of intensive profitable hop cultivation in Czech hop regions which are known for their precipitation deficit. With the help of irrigation the constant costs connected with hop cultivation are valorized even in the years when dry periods occur. Consolidation of prospective hop growers is conditioned by irrigation (Fric, 1994).

The influence of irrigation system on the yield had been proved by the results obtained from long-term field trials (Sachl, Kopecký, 1984; Kopecký, Slavík, 1997). Irrigational systems in Czech hop growing regions are gradually modernized. Modern irrigation systems – trickle irrigation and microspray (Kochánek, 1989; Metelka, 1992; Kopecký et al., 1993; Slavík, Kopecký, 1994, 1997) are the most important ones.

The efficiency of trickle irrigation on yields of hop is unambiguously documented in Tab. I and irrigation is therefore recommended to hop growers.

Particularly the possibilities of irrigational system modernization, necessity of supplementary irrigational water in a real time, influence on yield and quality of hops were studied within the above-mentioned research project.

MATERIAL AND METHODS

The field trial with irrigational systems was established in Hop Research Institute in Žatec. The results obtained within the 1995 to 1997 period are presented.

The aim of the experimental work was to evaluate the possibilities of progressive systems of irrigational water distribution, to determine actual necessity of irrigational water within a vegetation period of hop growing and to find out production efficiency of supplied water and its influence on chemical structure of hop cones. The regime of soil moisture, which is influenced by different irrigational system, was monitored continuously.

I. Influence of irrigation on yields of hops (field trials)

Region	Experimental period	Yields of hops (t.ha ⁻¹)	Increase of yields (t.ha ⁻¹)
Chrástany (Rakovník)	1989–1990	1.20	0.45
Kněževés (Rakovník)	1988–1990	1.45	0.24
Žatec (Louny)	1992–1995	1.20	0.40
Cítov (Mělník)	1992–1995	1.34	0.47

The following variants were studied in the experimental hop-garden:

TI – trickle irrigation. The equipment for this purpose is placed in the ceiling of the hop construction. Irrigational equipment with trickle units at a distance of 1 m between them is always placed above the row of hop plants. Thirty percent of the experimental hop-garden is controlled in this way.

MS – microspray. Ten microspray units were placed within this variant. Circular spray with low intensity (2 mm.h⁻¹) was used. Distributing pipe was placed on the ceiling of the hop construction. The pressure of spraying units is minimally 0.2 MPa.

RF – rain-fed variant, without supplementary irrigation.

Uniform cultivation technology, fertilization and protection against diseases and pests were carried out within all the three variants in the experimental hop-garden. The only variable factor was the moisture regime regulated by irrigational water.

Irrigational regime of hop plants was supervised by the prognosis of efficient irrigational rates necessity (Slašík, 1980) in week balance periods.

The amount of delivered water per area of the variants was operationally controlled according to the actual development of meteorological conditions, at first precipitation.

Before establishment of the trial the analysis of hydopedological characteristics was carried out. Sufficient homogeneity was confirmed. The basic hydrolimits are shown in Tab. II. The data correspond with active depth of saturation.

Hydopedological conditions within studied experimental localities, field trial variants – expressed by re-

tentive ability of the saturated profile, and consequently also by the volume of optimal irrigational rates – are well balanced and show favourable conditions for the efficient regulation of the conditions of hop irrigation by a suitable irrigational system.

It can be concluded that physical soil characteristics on the studied areas cannot be a factor with an important influence on the growth of hop plants.

To check the dynamics of soil moisture in the active depth of saturation, Watermark sensors for monitoring of sucking pressure were used. Sensors were placed in order that the development of soil moisture data within the irrigated area as well as in the most important levels of soil profile were able to be determined. Within each experimental variant continual measurement at four points was carried out. Watermark sensors, which were used in this trial, were tested in laboratory conditions before (Slašík, 1997).

The influence of irrigation, if different types of water distribution were used, was evaluated by the yield of hops, which was found out by the method of chance selection of sixteen plants in four repetitions from each variant. The influence on the development and habitus of hop plants was evaluated as well. Statistical evaluation by the method of variance analysis (Statigraf program) was used.

To evaluate the quality of hop cones, Wöllmer analysis of hop resins from the average harvest samples was used.

RESULTS AND DISCUSSION

The course of meteorological conditions in Žatec hop-region was during the experimental period very

II. Determination of hydrolimits and optimal rate of irrigational water in the experimental hop-garden (Žatec)

Trial variant	Repetition	FWC (mm)	PF (mm)	USSM (mm)	U _{min} (mm)		ORIW (mm)	
					50%	70%	50%	70%
TI	1	198.5	68.7	129.8	133.6	159.6	64.9	38.9
	2	202.6	67.8	134.8	135.2	162.2	67.4	40.4
MS	1	195.6	71.4	123.6	133.2	157.9	61.8	37.1
	2	196.6	64.8	131.8	130.7	157.1	65.9	39.5
RF	1	188.2	71.5	116.7	129.9	153.2	58.4	35.0
	2	199.0	70.9	128.1	135.0	160.6	64.0	38.4

FWC – field water capacity

PF – point of fading

USSM – utilized stock of soil moisture

U_{min} – minimal admissible stock of soil moisture if USSM is 50 or 70%, resp.

ORIW – optimal rate of irrigational water

III. Meteorological data (Žatec, 1995 to 1997)

Month	Air temperature (°C)				Precipitation (mm)			
	long-term average	1995	1996	1997	long-term average	1995	1996	1997
IV.	8.1	7.2	8.3	6.0	33.0	23.6	21.2	22.8
V.	13.7	12.9	12.8	14.5	53.0	61.8	44.6	26.8
VI.	16.7	15.2	16.5	15.9	55.0	93.0	104.4	44.8
VII.	18.8	20.4	16.3	18.0	64.0	44.6	49.4	77.2
VIII.	17.4	19.4	16.8	18.9	56.0	13.6	115.6	39.4
\bar{x}	14.9	14.9	14.1	14.6	261.0	236.6	335.2	211.0

IV. Volume of supplied irrigational water in $m^3 \cdot ha^{-1}$ (Žatec)

Year	Variants	
	TI	MS
1995	410	430
1996	321	498
1997	438	1 102
\bar{x}	390	667

unsteady. It was the reason why the decision concerning the necessity of efficient irrigation was very demanding. The survey of meteorological data in the vegetation period 1995 to 1997 is showed in Tab. III.

Surpluses and deficits of precipitation were deduced by the balance of moisture necessity covering week intervals of the vegetation period. Their variability within time is obvious from Fig. 1. The need of irrigation was proved in all the studied years.

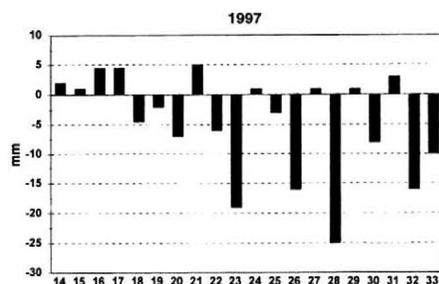
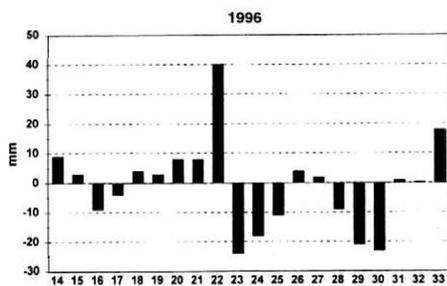
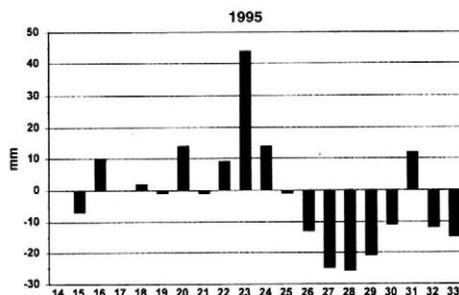
The data concerning the volume of supplied irrigational water per area of the variants are in Tab. IV.

The system of the control of trickle irrigation and microspray enables moisture necessity covering in the decisive developmental phases of hop growth. Operative decision as regards the supply of irrigational water in a real time, on condition that the periods of irrigation supply are shorter and smaller, means the correction of realized amount of irrigational water in accordance with the occurrence of precipitation during the balanced period. The decrease of irrigational water with preservation of yield efficiency of the irrigational system is the result of it.

Statistically important share of the irrigation was definitely proved each year, which is reviewed in Tab. V.

V. Influence of irrigation on yield of dry hops

Year	Yield of dry hops ($t \cdot ha^{-1}$)			Increase of yields ($t \cdot ha^{-1}$)	
	TI	MS	RF	TI	MS
1995	1.15	1.21	0.71	+0.44	+0.50
1996	1.51	1.77	1.29	+0.22	+0.48
1997	1.64	1.67	1.35	+0.29	+0.32
\bar{x}	1.43	1.55	1.12	+0.31	+0.43



1. Cover of moisture by precipitation (Žatec)

x axis: week

Statistical analysis of the conclusive evidence of the differences of dry hops proved, that the influence of irrigation systems (trickle irrigation and microspray) is

VI. Productive efficiency of water (trickle irrigation)

Year	Efficiency of irrigational water (kg.m ⁻³)	Necessity of irrigational water (m ³ .kg ⁻¹)
1995	0.93	0.93
1996	0.69	1.45
1997	0.66	1.51
\bar{x}	0.76	1.26

statistically conclusive in each studied year. If the supply of irrigational water was variable, the differences in yields of hops were never statistically conclusive. The results of analysis are fully presented in the final report of the above-mentioned research project (Kopecký, 1997).

For hop growers it is important to know the productive efficiency of water, i.e. the increase of hop yield reached by supplied irrigational water (kg.m⁻³). From the data in Tab. VI it is obvious that the highest increase was found out if a trickle irrigational system was used. The necessity of irrigational water in m³ per 1 kg of hop yield increasing is shown there too.

The results obtained confirm the dominant influence of the years on the efficiency of irrigation, which is the consequence of the chance occurrence of precipitation and the stochastic necessity of supplementary irrigation.

A really restricted supply of irrigational water, if trickle irrigational system is provided, regulates the moisture regime of soils by 1/3 of the area, i.e. on the belt of 1 m wide it decreases the total irrigational amount of water and increases its assertion during the time of creation of hop cones.

The control of progressive irrigational systems is demanding concerning the appropriate term of irrigational water supply and the volume of efficient irrigational rate. Impulses to irrigation come either from the balanced needs or directly from the monitored factors,

e.g. soil humidity in the depth of the active saturation. Watermark sensors, which have proved to be good enough in other countries, at first in minor crops (Eldrege et al., 1993; Thomson et al., 1996), were used during the field trials.

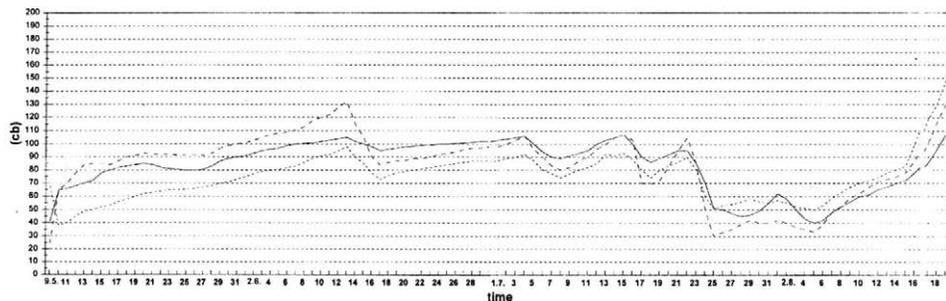
Water-saving irrigation systems substantially decrease supplies to groundwaters, as described by Wittlingerová et al. (1994).

Regular measurement of the momental values of sucking pressures of soil water monitors short-term changes of soil moisture. The course of sucking pressures of soil water on the area, where supplementary water was supplied by trickle irrigation, is demonstrated. It is possible to prove that optimal conditions on the irrigated belt of studied hop plants (Fig. 2) were created by trickle irrigation. Optimal moisture regime was created with the help of this irrigational system even in the periods with high necessity of irrigational water supply. The value which indicated the term of irrigation, corresponds with the sucking pressure of soil moisture of 80 to 100 cb.

The quality of hop cones is the most decisive factor for the successful sale and export of hops. No differences in the chemical structure of hop cones were found between irrigated and non-irrigated variants (Tab. VII).

Supplementary irrigation was also efficient as climatizational irrigation (Kopecký, Slavík, 1997). Thermo-regulate influence of micro-climate in irrigated hop plants have had a positive influence on their growth and habitus. The habitus of irrigated plants was more vigorous, of a cylindrical shape with more laterals, and higher values in their length and weight were obtained. Hop cones were more numerous and their weight was higher than those on non-irrigated variant. These results from 1996 are presented in Tab. VIII.

Experimental work was conducted by Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec (The Research Project NAZV MZc CR No. IE 0950975098).



2. Measurement of soil moisture (Žatec 1997; trickle irrigation, average values, repetition 1-3)

y axis: sucking pressure (cb)
 x axis: time
 — left side
 - - under a hop plant
 - - - right side

VII. Average results of chemical analyses of hop samples

Variant	Year	Resins			Acids	
		total	soft	hard	α	β
TI	1995	11.72	9.46	1.96	3.2	6.26
	1996	15.30	13.40	1.90	4.8	8.60
	1997	11.22	9.65	1.57	3.0	6.65
	\bar{x}	12.85	10.87	1.81	3.7	7.17
MS	1995	11.90	9.70	2.20	3.1	6.70
	1996	13.50	11.80	1.70	4.4	7.40
	1997	12.30	10.70	1.50	3.5	7.20
	\bar{x}	12.53	10.7	1.83	3.6	7.10
RF	1995	11.70	9.60	2.10	3.3	6.30
	1996	13.90	12.00	1.90	4.3	7.70
	1997	11.82	10.40	1.40	3.2	7.20
	\bar{x}	12.49	10.67	1.80	3.6	7.07

VIII. Values of hop vine creation (1995–1997)

Variant	Length of vine (m)	Weight of vine (kg)	Number of laterals	Weight of laterals (kg)	Weight of leaves (kg)	Weight of cones (kg)
TI	7.12	0.80	53.3	0.18	0.40	0.48
MS	7.35	0.81	49.1	0.23	0.35	0.40
RF	7.29	0.85	47.6	0.15	0.44	0.42

REFERENCES

- ELDREGE, E. P. – SHOCK, C. C. – STIEBER, T. D.: Calibration of granular matrix sensors for irrigation management. *Agron. J.*, 85, 1993 (6).
- FRIC, V.: Pěstování chmele v soudobých ekonomických podmínkách. *Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe*, 1994 (1): 47.
- KOCHÁNEK, K.: Optimalizace návrhu závlahových sítí systémem kapkové závlahy v našich podmínkách. In: *Moderní způsoby závlah*. Karlovy Vary, SMS 1989: 109–119.
- KOPECKÝ, J.: Progresivní systém závlahy chmele a jeho účinnost. [Závěrečná zpráva.] Žatec, CHI 1997.
- KOPECKÝ, J. – SLAVÍK, L.: Influence of trickle irrigation on the yield and quality of hops in Žatec hop region. *Rostl. Výr.*, 43, 1997 (7): 337–341.
- KOPECKÝ, J. – SLAVÍK, L. – BERAN, P.: Provozní zkušenosti s kapkovou závlahou. *Chmelařství*, 1993 (5): 55–57.
- METELKA, K.: Závlahy chmelnic a možnosti jejich modernizace. *Vod. Hospod.*, 1992 (10): 307–311.
- SACHL, J. – KOPECKÝ, J.: Řízení závlah chmele. In: *Závlahy speciálních plodin*. *Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe*, 1984 (6): 23–39.
- SLAVÍK, L.: Řízení diferencovaných závlahových režimů polních plodin prognózou vláhové potřeby. *Sbor. VŠZ Praha, Řada A*, 1980: 223–233.
- SLAVÍK, L.: Řízení závlah monitorováním půdní vlhkosti čidly Watermark. *Věd. Práce VÚMOP*, 9, 1997: 89–98.
- SLAVÍK, L. – KOPECKÝ, J.: Vliv kapkové závlahy na výnos chmele. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (1): 13–18.
- SLAVÍK, L. – KOPECKÝ, J.: Efficiency of hop irrigation in the years with different precipitation. *Chmelařství*, 1997.
- THOMSON, S. J. – YOUNOS, T. – WOOD, K.: Evaluation of calibration equations and application methods for the Watermark granular matrix soil moisture sensor. *Appl. Engng Agric.*, 12, 1996 (1): 99–103.
- WITTLINGEROVÁ, Z. – PREININGEROVÁ, E. – KŘÍŽ, L.: Stanovení kritické hloubky hladiny podzemní vody s ohledem na vláhový režim půd. *Rostl. Výr.*, 40, 1994 (10): 917–924.

Received on February 3, 1998

Contact Address:

Doc. Ing. Ladislav Slavík, DrSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, Výzkumná stanice závlah, 276 01 Mělník-Hofín 75, Česká republika, tel.: 0206/62 22 73

RECENZE

SBORNÍK ZE ZASEDÁNÍ VĚDECKÉ KOMISE I.H.G.C. V ŽATCI

PROCEEDINGS FROM THE MEETING OF SCIENTIFIC COMMISSION OF I.H.G.C. AT ŽATEC

Mezinárodní sdružení pěstitelů chmele (I.H.G.C.) ze všech významných států světa pořádá každoročně v jedné z členských zemí kongres. Tato organizace má své odborné komise, sdružující špičkové odborníky příslušného oboru. Jedna z nich zasedala ve dnech 29. července až 1. srpna 1997 v rámci XLV. mezinárodního chmelářského kongresu v Žatci. Vědecká komise jednala ve třech sekcích (šlechtění chmele, nové metody chmelářského výzkumu, chemické složení a kvalita chmele). Delegáti z 11 zemí světa přednesli řadu vesměs prioritních vědeckých sdělení, která byla souborně vydána ve sborníku, jenž zpracovali Dr. E. Seigner (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Hüll) a Ing. J. Vostřel (Chmelářský institut, s. r. o., Žatec). Kopie přednesených příspěvků lze získat na uvedených adresách jednotlivých přednášejících.

The International Hop Growers Convention (I.H.G.C.) from all important world countries organizes a congress in one of the member countries every year. This institution has its professional commissions, the members of which are prominent specialists in the particular sectors. The meeting of the XLVth International Hop Congress was convened to be held on 29th July to 1st August 1997 at Žatec. Scientific commission had three working sections (hop breeding, recent methods of hop research, hop chemical composition and quality). Delegates from 11 countries of the world presented so a large number of scientific reports, being of priority importance, which were published in proceedings, edited by Dr. E. Seigner (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Hüll) and Ing. J. Vostřel (Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec). For texts of the cited papers please write to the mentioned addresses.

- B. Engelhard, A. Lutz, M. Mayer (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Institut für Hopfenforschung, Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach, BRD): Harmonization of licensing plant protection means as a prerequisite of international hop trade
- A. E. George, W. L. Bryant (U.S. Hop Industry Plant Protection Committee, 504 North Naches Avenue, Suite 11, Yakima, Washington 98901, USA): Pesticide research, registration and international harmonization
- R. Lilley, C. A. M. Campbell (Horticulture Research International, East Malling, Kent ME 19 6BJ, UK): Management of two-spotted spider mite on dwarf hops
- U. Benker (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Institut für Hopfenforschung, Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach, BRD): Population dynamics of pests (Damson hop-aphid *Phorodon humuli* Schrank and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch) and beneficial organisms in hops
- A. Weissenberger¹, J. Brun², A. Ferran³ (¹SRPV Alsace, route de Saverne, F-67370 Wiwersheim; ²INRA, Laboratoire de Biologie des Invertébrés, 1382 route de Biot, F-06560 Valbonne; ³INRA, Laboratoire de Biologie des Invertébrés, 37 Bd du Cap, F-06660 Antibes, France): Use of the ladybird *Harmonia axyridis* Pallas for the biological control of the Damson-hop aphid *Phorodon humuli* Schrank in Northern France
- C. Trouve¹, S. Ledée², S. Pinte³, A. Ferran⁴, J. Brun⁴ (¹Ministère de l'Agriculture, Service Régional de la Protection des Végétaux, Nord Pas-de-Calais, BP 47, 62750 Loos-en-Gohelle; ²Station d'Etudes sur la Lutte Biologique [F.R.E.D.E.C. Nord Pas-de-Calais], BP 47, 62750 Loos-en-Gohelle; ³INRA, Laboratoire de Biologie des Invertébrés, 37 Bd du Cap, F-06660 Antibes; ⁴INRA, Laboratoire de Biologie des Invertébrés, 1382 route de Biot, F-06560 Valbonne, France): Research on biological control methods against the Damson-hop aphid *Phorodon humuli* Schrank in Northern France
- J. Vostřel (Chmelářský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČR): The problem of Damson-hop and two-spotted mite resistance to pesticides in the Czech Republic
- E. Solarska (Institute of Soil Science and Plant Cultivation, 21-002 Jastków, Poland): The improvement of hop healthfulness in Poland
- J. D. Blackman, D. W. Wilson (ADAS Rosemaund, Preston Wynne, Hereford HRI 3PG, UK): Relationships between hop yield and quality and applied fertilizer nitrogen
- F. Beránek, A. Rigr (Chmelářský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČR): Hop breeding for resistance to downy mildew (*Pseudoperonospora humuli* Miyabe et Takahshi Wils.) by artificial infections
- V. Fric, J. Patzak (Chmelářský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČR): Hop varietal rebuilding in the Czech Republic and utilization of modern molecular biological methods during evaluation of breeding material
- E. Seigner, H. Ehrmaier, A. Spath, B. Veese (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Institut für Hopfenforschung, Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach, BRD): New techniques in hop breeding anther culture and protoplast fusion
- J. Šustar-Vozlič¹, B. Bohanec², B. Javornik² (¹Institute of Hop Research and Brewing, Žalskega tabora 2, 3310 Žalec; ²Centre for Plant Biotechnology and Breeding, Agronomy Department, Biotechnical Faculty, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, Slovenia): Somaclonal variation in hop (*Humulus lupulus* L.) breeding and evaluation of hop germplasm by RAPD markers
- D. Kralj¹, M. Kac^{1,2}, M. Dolinar¹, M. Zolnir¹ (¹Institute of Hop Research and Brewing, Žalskega tabora 2, 3310 Žalec; ²University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science, Jamnikarjeva 101, 1111 Ljubljana, Slovenia): Introduction of new methods in hop breeding: Looking for accessions resistant to downy mildew (*Pseudoperonospora humuli* Miyabe et Takahshi Wils.) and aphids (*Phorodon humuli* Schrank)
- J. Matoušek¹, J. Patzak², P. Orniaková¹, V. Chrástková¹, P. Svoboda² (¹Ústav molekularní biologie rostlin AV ČR, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice; ²Chmelářský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČR): Genotype-dependent sensitivity of hop (*Humulus lupulus* L.) to HLVd infection: HLVd sequence stability and its field distribution within hop collection garden
- K. Krofta, A. Rigr (Chmelářský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, ČR): The contribution of biochemical characteristics to breeding of Czech hops

Ing. Zdena Wittlingerová, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika

PRODUKČNÍ ÚČINNOST KAPKOVÉ ZÁVLAHY CHMELE

PRODUCTION EFFICIENCY OF TRICKLE IRRIGATION OF HOP

J. Kopecký¹, L. Slavík², P. Ježek¹

¹Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec, Czech Republic

²Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, Czech Republic

ABSTRACT: Higher productivity of hops was proved in experimental hop gardens at Agro-chmel cooperative farm (Kněžves) in 1995 to 1997. The results were confirmed in the both cases, trickle irrigation beneath the soil level and the one from the ceiling of the hop garden. Yield of dry hops was on an average higher by 25.3% if trickle irrigation was used. Profitability of trickle irrigation is defined by production efficiency of supplied irrigation water ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), which was on average 0.93 kg of dry hops (130.20 CK) per 1 m^3 of water.

hops; trickle irrigation; habitus of plants; hop yield; efficiency of irrigation water

ABSTRAKT: Na provozních chmelnicích Družstva Agro-chmel Kněžves byla v letech 1995 až 1997 průkazně prokázána řízenou kapkovou závlahou na stropu chmelnice nebo pod povrchem půdy její produkční účinnost. V průměru činilo zvýšení výnosu chmele u zavlažované varianty 25,3 %. Rentabilita zavlažování chmele je jednoznačně určena produkční výnosovou účinností dodané jednotky závlahové vody ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). V průměru činila účinnost 1 m^3 závlahové vody přírůstek 0,93 kg suchého chmele, což představuje částku 130,20 Kč.

chmel; kapková závlaha; habitus rostlin; výnos chmele; účinnost závlahové vody

ÚVOD

Chmel je vytrvalá kultura, která je na jednom stanovišti více než deset let. Pro pokrytí značných investičních nákladů spojených s výstavbou chmelové konstrukce a nákupem sadby musí být nové chmelnice zakládány na vhodných pozemcích, odpovídajících požadavkům na pěstování chmele. Pro pěstování chmele jsou též vytipovány chmelářské oblasti. Takřka ve všech těchto oblastech se téměř každoročně vyskytují v průběhu vegetace období, kdy je pro dobrý růst a vývoj chmelové rostliny nedostatek vody. Vzhledem k tomu, že chmel je rostlina, která velice plasticky a citlivě reaguje na změny růstových podmínek, je doplnění vody závlahou chmelnic vysoce efektivní a spolehlivý agrotechnický zásah především z hlediska stabilizace výnosů.

Širší uplatnění závlah chmele předpokládá zavést takové systémy, u kterých není velká spotřeba vody a závlahová dávka se dodává v krátkém časovém období. Oba tyto požadavky splňují nové progresivní způsoby závlah chmele, mezi které patří kapková závlaha (Kochánek, 1989; Metelka, 1992; Slavík, Kopecký, 1994). Úsporné závlahové systémy výrazně omezují napájení podzemních vod, tak jak je popsali Wittlingerová et al. (1994).

Doplňkový charakter závlah je vhodné řídit na podkladě prognózy potřeby účinných závlahových dávek v týdenních bilančních obdobích pomocí graficko-analytické metody (Slavík, 1980, 1990).

Pro pěstitele chmele je rozhodujícím kritériem produkční, výnosová účinnost dodané závlahové vody, resp. množství vody potřebné ke zvýšení výnosu suchého chmele.

Chmel je rostlinou spíše vlhkomilnou, vhodnou pro humidní oblasti. Pro růst chmele jsou důležité hojné srážky v období od května do poloviny července. Hrubý odhad potřeby vody na 1 ha chmelnice se pohybuje v rozmezí 1,5 až 16 mil. kg vody. Spotřebu vody chmellem lze odhadnout podle množství vyprodukované zelené hmoty. Za předpokladu produkce sušiny $3,92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a předpokládané potřebě 300 l vody na 1 kg sušiny činí spotřeba $1176 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Předpokládáme, že nejméně tolik vody spotřebuje chmelová rostlina na tvorbu podzemních orgánů. Podle tohoto odhadu byla vypočítána potřeba vody pro 1 ha chmele 2356 l (Zázvorka, Zíma, 1956).

Bylo prokázáno, že v růstu a vývoji chmelové rostliny jsou dvě období, ve kterých obsah půdní vláhy ve svrchních vrstvách půdy (do hloubky 60 cm) nemá klesnout pod úroveň umožňující optimální příjem živin. První je období pazochování až do počátku kvetení, tj. zhruba polovina července, kdy se dokončuje tvorba asimilačních vegetativních orgánů a spěje k závěru jejich dlouhivý růst a tvorba plodných orgánů. Druhé období je v době tvorby hlávek asi na přelomu července a srpna, kdy je celý produkční aparát rostliny zapojen do tvorby rozmnožovacích orgánů (Sachl, 1980).

Pro chmel je rozhodující dostatek vláhy v období od květu do uzavření hlávek v hloubce 60 až 80 cm půd-

I. Přehled meteorologických podmínek let 1995 až 1997; srážky (mm) – Survey of meteorological conditions of the years 1995 to 1997; precipitation (mm)

Rok ¹	Měsíc ²	Dekáda ³			Σ
		1.	2.	3.	
1995	IV.	–	–	–	–
	V.	–	–	–	–
	VI.	–	–	–	–
	VII.	4,0	24,9	37,7	66,6
	VIII.	–	12,8	–	12,8
	Σ				–
1996	IV.	9,0	12,9	9,7	31,6
	V.	15,6	12,6	17,6	45,8
	VI.	24,2	16,9	38,8	79,9
	VII.	53,7	18,4	19,3	91,4
	VIII.	19,2	41,7	111,5	172,4
	Σ				421,1
1997	IV.	4,1	12,0	9,8	25,9
	V.	8,4	8,2	8,9	25,5
	VI.	0	23,0	17,4	40,4
	VII.	29,2	28,5	13,2	70,9
	VIII.	13,0	11,9	27,9	52,8
	Σ				215,5
Dlouhodobý průměr ⁴	IV.				38,0
	V.				52,0
	VI.				66,0
	VII.				74,0
	VIII.				65,0
	Σ				295,0

¹year, ²month, ³decade, ⁴long-term average

ního profilu. Tato hloubka je důležitá pro příjem vody a živin a v tomto období je potřeba závlahové vody 40 až 70 mm (Sláma, 1966).

Blatný, Oswald (1950) uvádějí, že chmel si nárokuje v období od května do poloviny září 170 mm srážek a spotřeba v době před květem až do uzavření hlávek je 100 mm.

Nebyl prokázán vliv doplňkové závlahy na výskyt peronosporu chmelové a jiných chorob (Slánský et al., 1970).

MATERIÁL A METODA

V příspěvku jsou uvedeny výsledky polního pokusu na chmelnicích Družstva Agro-chmel Kněževs v letech 1995 až 1997. Na pokusných plochách byly založeny tři varianty:

A. Kapková závlaha. Zavlažovaná varianta, která je instalována jako kapková závlaha typu in-line DRIPLINE 2 l.h⁻¹. Linky kapkovačů jsou rozmístěny nad každým řádem ve vzdálenosti 1,0 m a jsou osazeny na potrubí o světlosti 20 mm. Kapkovače

II. Přehled meteorologických podmínek let 1995 až 1997; průměrná denní teplota vzduchu (°C) – Survey of meteorological conditions of the years 1995 to 1997; average air temperature (°C)

Rok ¹	Měsíc ²	Dekáda ³			Σ
		1.	2.	3.	
1995	IV.	–	–	–	–
	V.	–	–	–	–
	VI.	–	–	–	–
	VII.	20,0	19,8	20,2	18,1
	VIII.	19,5	18,0	–	18,8
	Σ				–
1996	IV.	5,1	6,4	13,9	8,5
	V.	11,2	13,3	13,9	12,8
	VI.	16,8	14,6	12,4	14,6
	VII.	14,7	15,1	16,8	15,3
	VIII.	16,8	14,4	17,2	16,1
	Σ				13,5
1997	IV.	5,1	3,7	8,1	5,6
	V.	11,8	17,3	11,0	13,4
	VI.	14,2	16,5	16,2	15,6
	VII.	16,5	17,3	17,5	17,1
	VIII.	17,4	18,2	18,2	17,9
	Σ				13,9
Dlouhodobý průměr ⁴	IV.				7,4
	V.				12,8
	VI.				15,8
	VII.				17,6
	VIII.				16,5
	Σ				14,02

For 1–4 see Tab. I

III. Množství dodané závlahové vody (m³.ha⁻¹) – Amount of supplied irrigation water (m³.ha⁻¹)

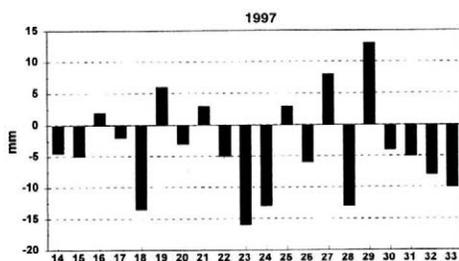
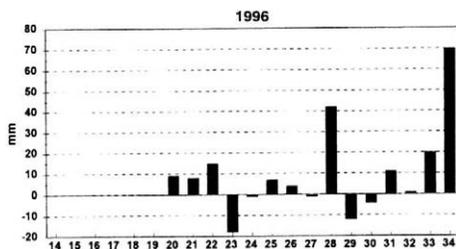
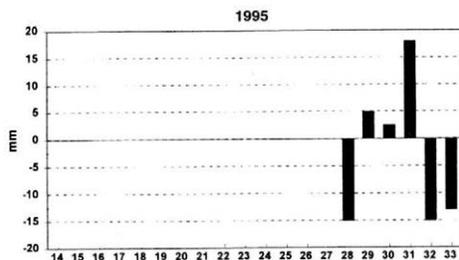
Rok ¹	Varianty ²	
	kapková závlaha ³	podzemní závlaha ⁴
1995	232	175
1996	251	219
1997	400	506
\bar{x}	294	300

¹year, ²variants, ³trickle irrigation, ⁴underground irrigation

nejdou kompenzační, proto spotřeba vody kapkovačem je závislá na proměnných tlakových podmínkách v daném místě na zavlažovací lince. Závlahový detail je zavěšen na stropu konstrukce.

B. Podzemní závlaha. Zavlažovaná varianta, u níž je použit stejný systém s tím rozdílem, že zavlažovací linka je uložena podél chmelových řadů ve vzdálenosti 0,5 m a v hloubce 0,5 m pod povrchem půdy.

C. Kontrolní varianta bez doplňkové závlahy.



1. Přehled krytí vláhové potřeby chmele (Kněžves, 1995 až 1997) – Survey of cover of moisture demand of hop (Kněžves, 1995 to 1997)

osa x: týden – x axis: weeks

IV. Utváření habitu chmelových rostlin (Kněžves, průměr let 1995 až 1997) – Formation of the habitus of hop plants (Kněžves, average of the years 1995 to 1997)

Varianta ¹	Patro ⁵ (m)	Délka révy ⁶ (m)	Pazochy ⁷		Hmotnost ¹¹ (kg)			
			počet ⁸ (ks ⁹)	průměrná délka ¹⁰ (cm)	pazochů ⁷	listů ¹²	hlávek ¹³	révy ¹⁴
Kapková závlaha ²	0–2		9	49,2	0,062	0,205	0,033	
	2–4		27	49,3	0,097	0,433	0,333	
	4–6		41	21,8	0,143	0,333	0,715	
	> 6		13	15,8	0,060	0,113	0,200	
	$\bar{x}\Sigma$	7,33	90	34,0	0,362	1,084	1,281	0,782
Podzemní závlaha ³	0–2		7	83,0	0,057	0,123	0,033	
	2–4		29	43,0	0,147	0,440	0,560	
	4–6		36	26,3	0,110	0,300	0,570	
	> 6		9	21,0	0,033	0,253	0,163	
	$\bar{x}\Sigma$	7,18	81	43,3	0,347	1,116	1,326	0,597
Kontrola ⁴	0–2		13	53,3	0,077	0,247	0,063	
	2–4		25	50,6	0,167	0,397	0,380	
	4–6		38	30,0	0,140	0,363	0,583	
	> 6		14	16,3	0,060	0,150	0,233	
	$\bar{x}\Sigma$	7,23	90	37,6	0,444	1,157	1,259	0,653

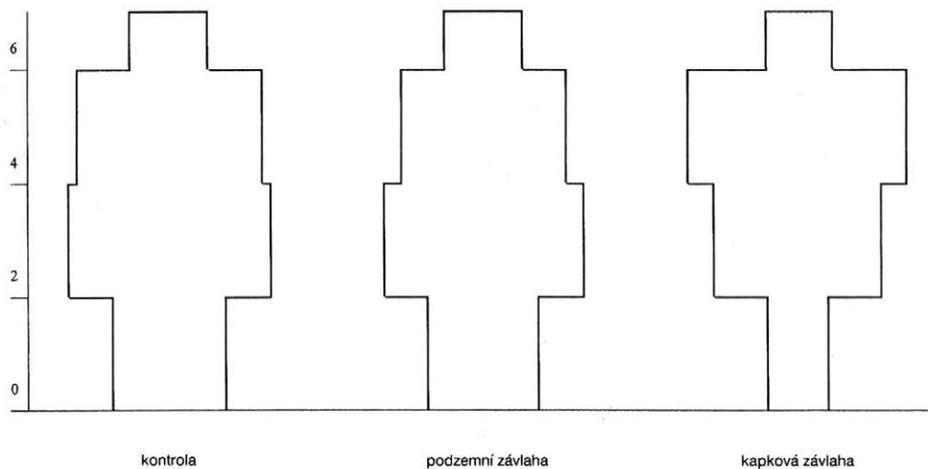
¹ variant, ² trickle irrigation, ³ underground irrigation, ⁴ control, ⁵ storey, ⁶ length of vine, ⁷ axils, ⁸ number, ⁹ pieces, ¹⁰ length, ¹¹ weight, ¹² leaves, ¹³ cones, ¹⁴ hop vine

Na pokusných chmelnicích byla uplatňována jednotná agrotechnika, výživa i ochrana rostlin. Jediným proměnným faktorem byly podmínky zásobování chmele vodou.

Zavlažovací režim byl v letech sledování řízen prognózou potřeby účinných závlahových dávek v týdenních bilančních obdobích. Přehled meteorologických podmínek za pokusné období je uveden v tab. I a II.

Závlahy byly aplikovány v souladu s provozními pokyny pro provozování závlah. Bylo vždy dodáno účinné množství závlahové vody, případně redukováno o množství srážek spadlých v reálném čase. Přehled krytí vláhové potřeby chmelových rostlin v jednotlivých měsících je uveden na obr. 1.

Produkční účinnost uplatňovaných závlah byla posuzována podle utváření habitu keřů a rozбором dosa-



2. Utváření nadzemních částí chmelových rostlin (Kněžves, průměr let 1995 až 1997) – Formation of above-ground parts of hop plants (Kněžves, average of the years 1995 to 1997)

kontrola – control
 podzemní zálaha – underground irrigation
 kapková zálaha – trickle irrigation

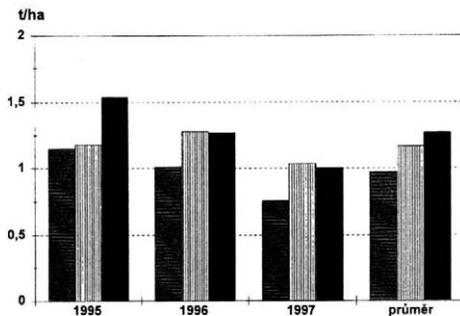
žené sklizně. Habitus rostlin byl zjišťován u každé varianty, vždy u čtyř průměrně vzrostlých chmelových rostlin v době sklizně. Při samotné sklizni byla zaznamenávána hmotnost zelených hlávek z jednotlivých variant pokusu. Získané údaje byly přepočteny na výnos suchého chmele z 1 ha chmelnice a zpracovány statistickým programem STATIGRAF. Ze získaných výsledků pak byl vypočten vliv závlah a účinnost dodané závlahové vody.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vývoj meteorologických podmínek v jednotlivých letech byl značně nevyrovnaný, což dokumentují tab. I a II. Bilanci krytí vláhové potřeby chmele v průběhu hodnocených vegetačních období byly zjištěny deficity či přebytky přirozených srážek (obr. 1). Ve všech ročních byla prokázána potřeba účinných závlahových dávek. Množství dodané závlahové vody je uvedeno v tab. III.

Opakovaně aplikovaná doplňková závlaha měla příznivý vliv na utváření celkového habitu chmelových rostlin. Výsledky rozborů habitu chmelových rostlin jsou uvedeny v tab. IV. Celkový habitus zavlažovaných rostlin byl mohutnější. Rostliny měly větší asimilační plochu, chmelové hlávky byly hustěji nasazeny a byly vzrostlejší. Dosažené výsledky potvrzují již dříve publikované údaje (Slánský et al., 1970).

Posouzení produkčního a výnosového účinku závlahové vody bylo vyhodnoceno diferencovanou kontrolní sklizní na zavlažovaných variantách. Výsledky proka-



3. Výnos chmele (Kněžves) – Hop yield (Kněžves)

průměr – average
 kontrola – control
 podzemní zálaha – underground irrigation
 kapková zálaha – trickle irrigation

zují významné zvýšení výnosů suchého chmele na zavlažovaných variantách ve srovnání s kontrolní, nezavlažovanou plochou. Ze zjištěných údajů je zřejmá vysoká výnosová účinnost vhodně aplikovaných závlah na ploše sledovaných variant. Vzájemně porovnávaný variant zavlažovaných rozdílným způsobem je však neprůkazné.

Rentabilita zavlažování chmele je jednoznačně určena produkční výnosovou účinností dodané závlahové vody ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Údaje jsou shrnuty v tab. V, z níž je zřejmá velmi příznivá produkční a z toho vyplývající

V. Produkční účinnost závlahové vody (Kněževs, 1995 až 1997) – Production efficiency of irrigation water (Kněževs, 1995 to 1997)

Rok ¹	Varianta ²	Výnos suchého chmele ³ (t.ha ⁻¹)	Vliv závlah ⁴ (t.ha ⁻¹)	Dodané závlahové množství ⁵ (m ³ .ha ⁻¹)	Účinnost závlahové vody ⁶ (kg.m ⁻³)	Potřeba závlahové vody ⁷ (m ³ .kg ⁻¹)
1995	KZ	1,54	+0,39	232	1,68	0,59
	PZ	1,18	+0,03	175	0,17	5,83
	K	1,15	–	0	0	0
1996	KZ	1,27	+0,26	251	1,03	0,96
	PZ	1,28	+0,27	219	1,23	0,81
	K	1,01	–	0	0	0
1997	KZ	1,003	+0,248	400	0,62	1,62
	PZ	1,035	+0,280	506	0,55	1,81
	K	0,755	–	0	0	0
\bar{x}	KZ	1,27	0,30	294	1,20	1,06
	PZ	1,16	0,19	300	0,65	2,82
	K	0,97	–	0	0	0

KZ = kapková závlaha – trickle irrigation

PZ = podzemní závlaha – underground irrigation

K = kontrola – control

¹year, ²variant, ³yield of dry hops, ⁴effect of irrigations, ⁵supplied irrigation amount, ⁶efficiency of irrigation water, ⁷demand of irrigation water

i ekonomická přínosnost zavlažování, a to i v roce 1996 s relativně vysokým úhrnem srážek (421 mm).

Průměrné zvýšení výnosů na zavlažovaných variantách se pohybovalo kolem 25,3 % oproti kontrolnímu stanovišti. Potřeba závlahové vody na 1 kg hlávek činila 1,94 m³ a účinnost 1 m³ dodané závlahové vody byla průměrně 0,93 kg chmelových hlávek.

LITERATURA

BLATNÝ, C. – OSVALD, V.: Jen zdravý a jakostní chmel. Praha, Brázda 1950.
 KOCHÁNEK, K.: Optimalizace návrhu závlahových sítí systémem kapkové závlahy v našich podmínkách. In: Moderní způsoby závlah. Karlovy Vary, SMS 1989: 109–119.
 METELKA, K.: Závlahy chmelnic a možnosti jejich modernizace. Vod. Hospod., 1992 (10): 307–311.
 SACHL, J.: Závlaha chmele. In: RYBÁČEK, V. a kol.: Chmelářství. Praha, SZN 1980: 308–318.

SLÁMA, V.: Stanovení závlahových režimů zemědělských plodin II. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1966 (8): 10.

SLÁNSKÝ, J. – KOPECKÝ, J. – SACHL, J.: Využití závlah ke zvýšení výnosu chmele. [Závěrečná zpráva.] Žatec, VÚCH 1970.

SLAVÍK, L.: Řízení diferencovaných závlahových režimů polních plodin prognózou vláhové potřeby. Sbor. VŠZ Praha, Rada A, 1980: 223–233.

SLAVÍK, L.: Racionální exploatace závlahových melioračních soustav. Sbor. ČSAZ Regulace oběhu vody v zemědělských soustavách, Praha, 1990 (136): 45–96.

SLAVÍK, L. – KOPECKÝ, J.: Vliv kapkové závlahy na výnos chmele. Rostl. Vyr., 40, 1994 (1): 13–18.

WITTLINGEROVÁ, Z. – PREININGEROVÁ, E. – KRÍŽ, L.: Stanovení kritické hloubky hladiny podzemní vody s ohledem na vláhový režim půd. Rostl. Vyr., 40, 1994 (10): 917–924.

ZÁZVORKA, V. – ZIMA, F.: Chmelářství. Praha, SZN 1956: 26–40.

Došlo 3. 2. 1998

Kontaktní adresa:

Ing. Jiří Kopecký, CSc., Chmelářský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, Česká republika, tel.: 0397/63 21 32, fax: 0397/63 21 50

RECENZE

FOOD, CLIMATE, AND CARBON DIOXIDE

THE GLOBAL ENVIRONMENT AND WORLD FOOD PRODUCTION

S. H. Wittwer

Boca Raton, USA, CRC Press 1995, 236 s.

Problematika globálních změn prostředí a jejich vlivů na vegetaci se stala v posledních desetiletích předmětem intenzivního výzkumu předních světových pracovišť a v současnosti přesahuje z čistě biologické i do společenské a politické dimenze. Globální změny prostředí, zejména oteplování ovzduší a zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého, se mohou v blízké budoucnosti stát jedním z nejdůležitějších faktorů určujících množství a kvalitu produkce zemědělských plodin v celosvětovém měřítku. Poutají proto pozornost odborníků, politiků a dalších osobností, neboť s ohledem na výživu lidstva mohou být předmětem strategického zájmu. Odpovědět na otázku, zda a do jaké míry se stoupající koncentrace CO_2 v ovzduší projeví na produkci zemědělských plodin, se pokusil ve své knize S. H. Wittwer, profesor Michiganské státní univerzity, přední specialista v oboru produkce a skleníkových kultivací, člen mnoha státních (USA) a mezinárodních institucí zabývajících se zemědělskou produkcí ve vztahu ke klimatu. V úvodních kapitolách se zaměřil na přehled klimatických faktorů ovlivňujících produkci, jejich definování a charakteristiku jejich variability. Rovněž se věnoval těm změnám klimatu (např. oteplování atmosféry, změny v množství a rozdělení srážek, výskyt extrémních mrazů), které mohou být způsobeny zvyšující se koncentrací CO_2 a jiných plynů v atmosféře (metan, oxidy dusíku, ozon, freon). Autor velmi kriticky hodnotí globální oteplování, neboť dosud nelze nalézt dostatečnou shodu mezi simulačními výpočty, uskutečněnými pomocí modelů globální cirkulace ovzduší (plus 1,5 až 4,5 °C), a mezi skutečně naměřenými hodnotami (plus 0,5 °C za uplynulé století).

Další oddíl knihy se zabývá přímými účinky zvýšené koncentrace CO_2 v ovzduší na fyziologické a růstové procesy rostlin. Detailně je pojednáno o vlivu zvýšené koncentrace CO_2 na fotosyntézu, respiraci, transpiraci, efektivitu využití vody (WUE), tvorbu bio-

masy a výnosové části zemědělských plodin. Stranou nezůstávají ani alokace asimilátů do rostlinných orgánů, příjem a fixace dusíku, kompetiční vztahy mezi rostlinami a změněná odolnost proti hmyzím škůdcům. Následující rozsáhlá kapitola je věnována hlavním skupinám zemědělských plodin, které se nejvýznamněji měrou podílejí na výživě lidstva: obilninám (rýže, pšenice, kukuřice, ostatní obilniny), luštěninám (fazol, sója, bob aj.), hlíznaté a kořenové zelenině (brambory, sladké brambory, maniok, kalokázie), olejninám, banánovníkům a rostlinám pěstovaných pro produkci cukru. Podrobně jsou uvedena data o zastoupení jednotlivých plodin a jejich nárocích na stanoviště, klimatické poměry a také pravděpodobná reakce na oteplení atmosféry a zvýšenou koncentraci CO_2 . V menší míře je též pojednáno o ovocných stromech a vodních rostlinách. Poslední kapitoly patří ostatním globálním změnám klimatu (snižování množství stratosférického ozonu, zvyšování množství UV-B záření dopadajícího na zemský povrch) a možným dopadům jejich působení. Na závěr se autor zmiňuje o předpokládaných doprovodných účincích globálních změn klimatu na rostliny a oblasti, v nichž se v současnosti přirozeně vyskytují či pěstují (snižování druhové rozmanitosti, posun fytogeografických oblastí, zaplavení nížinných přímořských oblastí).

I když přizpůsobení rostlin (aklimace) globálním změnám klimatu není dosud detailně prozkoumáno a předpověď produkce zemědělských plodin za změněných podmínek může být účinná jen s jistou dávkou obezřetnosti, představuje recenzovaná kniha velmi dobré kompendium současných znalostí o vlivu změn klimatu na zemědělské plodiny, o čemž svědčí mimo jiné i úctyhodný seznam použité literatury. Knihu lze proto doporučit vysokoškolským pedagogům, odborníkům na zemědělskou produkci i pokročilým studentům vysokých škol přírodovědného zaměření.

Ing. M. Barták, CSc.

THE EVALUATION OF YIELD AND ALPHA-BITTER ACID CONTENT IN SELECTED HOP VARIETIES

HODNOCENÍ VÝNOSU A OBSAHU ALFA-HOŘKÝCH KYSELIN U VYBRANÝCH ODRŮD CHMELE

V. Nesvadba, F. Beránek, K. Krofta

Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec, Czech Republic

ABSTRACT: Almost 300 various hop varieties from 23 countries were planted in the collection of Hop Research Institute in Žatec. This collection represents rich genetic source for hop breeding. Selected varieties are examined from efficiency of main parameters (yield and α -bitter acids content) and its stability point of view. These parameters are evaluated in the group of 20 world hop varieties from seven countries in time period of 20 years. Brewers Gold variety has the highest yield and Aurora variety shows the highest α -bitter acids content. Under the influence of aging just Neoplanta variety shows decline of yield and in Vojvodina and Aurora varieties declines α -bitter acids content. Instability of efficiency is more affected by weather conditions of the vegetation season than by age of plants (time factor).

hops; genofond; world collection of hop varieties; yield; α -bitter acids; stability; age of plants

ABSTRAKT: V areálu Chmelařského institutu v Žatci bylo vysázeno a studováno téměř 300 genotypů z 23 zemí, které představují kolekci genetických zdrojů (světový sortiment chmelových odrůd). U hlavních znaků (výnos chmele a obsah α -hořkých kyselin) je sledována výkonnost a její stabilita jednotlivých genotypů. Tyto parametry jsou hodnoceny na souboru 20 světových odrůd ze sedmi zemí v časové řadě 20 let. Odrůda Brewers Gold dosahuje nejvyššího výnosu a odrůda Aurora vykazuje nejvyšší obsah α -hořkých kyselin. Vlivem stárnutí rostliny dochází pouze u odrůdy Neoplanta k poklesu výnosu a u odrůd Vojvodina a Aurora k poklesu obsahu α -hořkých kyselin. Nestabilita výkonnosti je způsobena výrazněji povětrnostními podmínkami roku než stářím rostliny (faktorem času).

chmel; genofond; světový sortiment chmelových odrůd; výnos; α -hořké kyseliny; stabilita; stáří rostlin

INTRODUCTION

At the present time one of the main goal of hop breeding is to develop new varieties with high α -bitter acids content. High α -bitter acids content and high yield ensure high production of pure α -bitter acids from planting area. Hop is perennial plant therefore stability of yield and α -bitter acids content for the lifetime is necessary. Testing of varieties efficiency and its stability is important either for breeders and for hop growers too.

New varieties are demanded to give not only high efficiency but ability to provide good crop in changing environmental conditions too (Užčík, 1995).

The stability of efficiency is one of the most important features, that is followed in all genetic sources within the framework of current genobank. Hop is classified with field collection, that comprises living plants in temporary or permanent field plantation (Bareš, Dotlačil, 1985). A collection of world hop varieties has been established in Hop Research Institute, Žatec within the framework of preserving of genetic sources. All passport and description data are registered in in-

formation system EVIGEZ of genobank VÚRV Praha-Ruzyně (Beránek, 1997).

MATERIAL AND METHODS

The collection of world hop varieties was established in Hop Research Institute, Žatec in 1972. Individual varieties are planted in spacing 300 x 100 cm by eight plants (Zelenka, 1980). 299 world varieties from 23 countries including domestic genetic material are planted there at the present time. 20 hop varieties from seven countries were chosen for evaluation of yield and α -bitter acids content as follows:

- 1) The Czech Republic: Osvald's clone 72 was bred by mass selection from Saaz semi-early red-bine hop, registered in 1952. This fine aroma hop belongs to the most quality varieties. Yield and content α -bitter acids are lower compared to hybrid varieties.
- 2) Germany: Hallertau is semi-early variety, Hüller Bitterer (Northern Brewer offspring) is triploid variety, registered in 1971, Hallertauer Gold is semi-early variety, registered in 1974.

- 3) Slovenia: Savinski Golding is ecotype of English variety Fuggle. Four subsequent varieties were registered in 1971. Ahil, Apolon, Atlas are offsprings of Brewers Gold, Aurora originates from Northern Brewer variety.
- 4) Yugoslavia: Dunav, Neoplanta, Vojvodina are high- α hybrid varieties, registered in 1972. All these varieties originate from Savinski Golding and Northern Brewer.
- 5) Belgium: Two hybrid varieties Record and Star were bred by crossing Northern Brewer x Saaz.
- 6) England: Golding and Fuggle are traditional English varieties. Brewers Gold and Northern Brewer (Brewers Gold offspring), bred by prof. Salmon, have some genes of native North American hops from Manitoba.
- 7) USA: Cascade is the first hybrid hop variety bred in the USA from Fuggle and Russian variety Serebrjanka. Late Cluster is successfully grown on over the world, in 80s was planted on 95% of production area in India (B a k s h i , A t a l , 1985).

Selected group comprises either fine aroma, aroma and high- α varieties, varieties with high and low yield too. Not maximum efficiency of individual hop varieties, but uniformity of efficiency (low variability) is decisive for stability of evaluated parameters. Two parameters are evaluated in varieties above selected:

- 1) Yield is given in the mass (kg) of fresh hops based on one plant ($\text{kg}\cdot\text{plant}^{-1}$).
- 2) Content of α -bitter acids is expressed as lead conductance value/LCV (according to ČSN 46 2520-15 method) in % w/w, based on dry matter.

All varieties are evaluated in the period of full production performance (from second year after planting) in 1978 to 1997 years. As all plants are located in the same plot, environmental conditions (soil, weather, climate, nutrition, agronomy technology) can be considered as uniform for all varieties. Statistical evaluation was performed with the aid of computer program Adstat, version 1.25 (TriloByte Pardubice). Statistical evaluation is divided to three parts:

- a) Yield and α -bitter content of individual hop varieties is characterized by mean value in 20 years time period. The comparison of varieties is expressed by index to the mean of the investigated group. Variability in time period in each variety determines standard deviation and coefficient of variance (K á b a , 1982).
- b) Testing of differences between two means enables to evaluate if means of two sets are statistically significant (B r a b e n e c , 1979). The difference in yield or α -bitter acids content of individual varieties is evaluated by *t*-test, which enables to determine what probability are varieties conclusively different with. The efficiency of varieties is different with 99% probability at the level of significance $P = 0.01$.
- c) The stability of yield and α -bitter acids content is expressed by the aid of coefficients correlation and

regression for calculation of the trend function. Regression depicts an average course of changes of dependent variable *y* (yield, α -bitter acids content) on changes of independent variable *x* (age of plants). Differences between correlations coefficients of linear and quadratic trend function are negligible. Therefore linear trend function of the type ($y = a + bx$) was used for interpretation of results. The narrowness of variables relationship can be evaluated according to the coefficient of correlation *r* or coefficient of determination r^2 (Tab. I). Hundredfold of determination coefficient expresses from how many percent are changes of dependent variable in regression equation explainable by changes of independent variable (years).

I. The influence of time variable evaluated in trend function according to correlation coefficient and coefficient of determination

Correlation coefficient	Coefficient of determination x 100 (%)	The influence of time variable in the trend function
> 0.2	> 4	negligible
0.201-0.4	4-16	very weak
0.401-0.5	16-25	weak, but attention deserving
< 0.5	< 25	conclusive influence

RESULTS AND DISCUSSION

The evaluation of hop yield and α -bitter acids content

The order of varieties according to mean yield (Tab. II) confirms high yield in Brewers Gold ($3.86 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$) and Vojvodina ($3.77 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$) varieties. Fine aroma variety Osvald's clone 72 has the lowest yield ($1.79 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$) and with Late Cluster, Hüller Bitterer and Apolon varieties forms the group with the highest year-to-year yield variability (coefficient of variance is above 30%). On the other hand varieties Fuggle, Cascade, Ahil and Hallertau have the lowest yield variability. The range of index of varieties yields is 74.3% (between Brewers Gold and Osvald's clone 72).

The evaluation of α -bitter acids content shows higher range between mean values (between Aurora and Star varieties is 114.8%) compared to yields (Tab. III). Slovenian varieties of line A and Northern Brewer variety belong to the ones with the highest content of α -bitter acids (> 6% w/w). In the time period of 20 years three varieties Late Cluster, Osvald's clone 72 and Star have mean values of α -bitter acids below 3% w/w. The highest variability of α -bitter acids content have five varieties (Savinski Golding, Star, Vojvodina, Record and Hallertau), the value of coefficient of variance is higher than 35%. The lowest values of this parameter have Osvald's clone 72 (CV = 21.1%) and Ahil (CV = 22.0%). In the period 1980 to 1985 (in England) the mean content of α -bitter acids content in Fuggle variety was 5.37% and Northern Brewer

II. Mean yield in investigated varieties and its characteristics (Žatec, 1978 to 1997)

Order	Name of variety	Yield (kg.plant ⁻¹)	Index to the mean of set	Standard deviation	Coefficient of variance (%)
1	Brewers Gold	3.86	1.386	0.893	23.13
2	Vojvodina	3.77	1.354	0.946	25.09
3	Dunav	3.38	1.214	0.860	25.44
4	Late Cluster	3.37	1.210	1.034	30.68
5	Neoplanta	3.08	1.106	0.699	22.69
6	Hüller Bitterer	3.05	1.095	0.959	31.44
7	Northern Brewer	2.85	1.023	0.756	26.53
8	Fuggle	2.81	1.009	0.572	20.36
9	Apolon	2.79	1.002	0.869	31.15
10	Cascade	2.77	0.995	0.569	20.54
11	Golding	2.72	0.977	0.689	25.33
12	Aurora	2.72	0.977	0.746	27.43
13	Hallertau	2.68	0.962	0.562	20.97
14	Record	2.55	0.916	0.551	21.61
15	Hallertauer Gold	2.39	0.858	0.638	26.69
16	Atlas	2.37	0.851	0.684	28.86
17	Ahil	2.34	0.840	0.588	25.13
18	Star	2.29	0.822	0.473	20.66
19	Savinski Golding	2.12	0.761	0.596	28.11
20	Osvald's clone 72	1.79	0.643	0.539	30.11
Mean		2.79	1.000		

III. Mean content of α -bitter acids and its characteristics (Žatec, 1978 to 1997)

Order	Name of variety	α -bitter acids (%)	Index to the mean of set	Standard deviation	Coefficient of variance (%)
1	Aurora	7.63	1.650	2.018	26.45
2	Ahil	6.99	1.512	2.142	30.64
3	Atlas	6.46	1.397	1.424	22.04
4	Northern Brewer	6.43	1.391	1.951	30.34
5	Apolon	6.26	1.354	1.949	31.13
6	Neoplanta	5.67	1.226	1.402	24.73
7	Brewers Gold	5.57	1.205	1.292	23.20
8	Hallertauer Gold	4.81	1.040	1.179	24.51
9	Vojvodina	4.63	1.002	1.713	37.00
10	Dunav	4.35	0.941	1.247	28.67
11	Hüller Bitterer	4.32	0.934	1.343	31.09
12	Record	4.23	0.915	1.544	36.50
13	Cascade	3.97	0.859	1.114	28.06
14	Fuggle	3.62	0.783	1.100	30.39
15	Golding	3.20	0.692	0.918	28.69
16	Savinski Golding	3.15	0.681	1.213	38.51
17	Hallertau	3.09	0.668	1.087	35.18
18	Late Cluster	2.95	0.638	0.988	33.49
19	Osvald's clone 72	2.67	0.578	0.564	21.12
20	Star	2.46	0.532	0.918	37.32
Mean		4.62	1.000		

8.27% (Marr, 1986). Comparable values of both varieties in the conditions of world collection in Žatec are much lower, by 32.6% (Fuggle) and by 22.2% (Northern Brewer), resp.

Testing of differences in yield and α -bitter acids content among varieties

On the basis of *t*-test calculation for conclusive evidence of differences in hop yield among varieties is determined by the probability to which individual varieties have conclusive difference in hop yield (Tab. IV). Brewers Gold has higher yields compared to other varieties with 99% probability (to Vojvodina with 90% probability). On the other hand Oswald's clone 72 has lower yield compared to all other varieties.

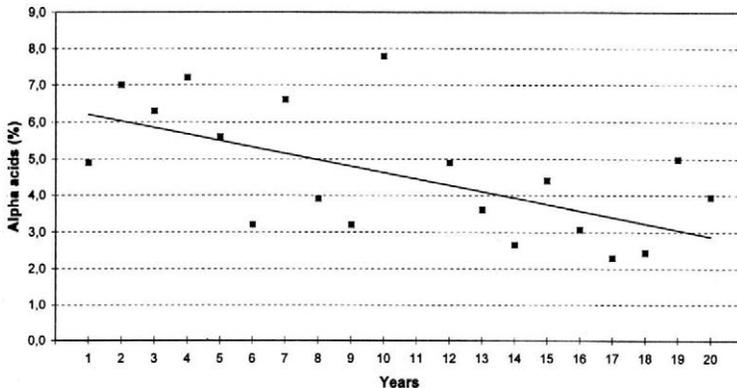
On the basis of *t*-test the Aurora variety has higher content of α -bitter acids compared to other ones with probability, that is summarized in Tab. V. In virtue of conclusive differences in α -bitter acids content tested varieties can be divided into three groups. First group is formed by varieties, that have with determined probability higher α -bitter acids content compared to other ones. Aurora, Ahil, Northern Brewer, Apolon, Neoplanta and Brewers Gold belong there. Second group has conclusively higher α -bitter acids content compared to the varieties in the third group (instead of Cascade and Record to Fuggle variety). Second group is formed by Hallertauer Gold, Vojvodina, Dunav, Hüller Bitterer, Record and Cascade. Third group is formed by varieties with conclusively lower α -bitter acids content (Fuggle, Golding, Savinski Golding, Hallertau, Late Cluster, Oswald's Clone 72 and Star).

Testing of hop yield stability and α -bitter acids content in dependence on the age of plants

The dependence of yield on the age of plants was evaluated with the aid of linear trend function $y = a + bx$ (y = hop yield, x = age of plants/years). Varieties that have the most stable yield in dependence on age of

plants have the highest values of correlation and determination coefficients. Values of parameters are collated in Tab. VI. 12 varieties in upper part of the table exhibit slight and very slight increase of yields in 20 year time period. Mean year-to-year yield change is given by *b* parameter (Tab. VI). The highest progressive trend has Late Cluster variety ($b = 0.066$), simultaneously its coefficient of determination is highest too in this varieties group ($100r^2 = 14.28\%$). The tendency to yield decline in dependence on time prevails in other eight varieties. Neoplanta variety has this tendency most considerable, year-to-year yield decline $b = -0.059$ ($100r^2 = 24.74\%$). Slight tendency to yield decline have Vojvodina, Record, Golding, Savinski Golding and Hallertauer Gold varieties. Slight tendency to yield increase (instead of Late Cluster) have Cascade, Aurora, Oswald's clone 72, Northern Brewer varieties. In remaining varieties the relation between yield and age of plants can be declared like entirely random. The values of determination coefficient show that yields are much more influenced by conditions of current vegetation season than by age of plants.

The dependence of α -bitter acids content on time (age of plants) is evaluated in the same way (y = α -bitter acids content). Results are summarized in Tab. VII. Increased tendency of α -bitter acids content vs. time showed only six of 20 varieties evaluated. This increase is most pronounced in Late Cluster variety (according to parameters *b*, $100r^2$). Another six varieties show probably only fortuitous decline of α -bitter acids (Tab. VII). Oswald's clone 72 has negligible tendency of α -bitter acids decline according to linear trend function ($b = -0.001$). This result does not correspond with permanent decline of α -bitter acids content in the Czech hops in the last 20 years. This decline is 0.1% of α -bitter acids according to regression analysis (Fric, 1995). In Tab. VII there are six varieties that have attention deserving decline of α -bitter acids in dependence on age of plants ($100r^2 = 4.43$ to 13.01%). Last two varieties Aurora and Vojvodina in Tab. VII exhibit the highest decline of α -bitter acids content



1. Linear trend function (Vojvodina, content of α -bitter acids, 1978 to 1997; $y = 3.68 - 0.175x$)

IV. Level of significance of yield differences (*t*-test)

Brewers Gold	Brewers Gold																			
Vojvodina	0.1	Vojvodina																		
Dunav	0.01	-	Dunav																	
Late Cluster	0.01	-	-	Late Cluster																
Neoplanta	0.01	0.02	-	-	Neoplanta															
Hüller Bitterer	0.01	0.02	-	-	-	Hüller Bitterer														
Northern Brewer	0.01	0.01	-	-	-	-	Northern Brewer													
Fuggle	0.01	0.01	0.1	-	-	-	-	Fuggle												
Apolon	0.01	0.01	0.05	-	-	-	-	-	Apolon											
Cascade	0.01	0.01	0.02	0.05	-	-	-	-	-	Cascade										
Golding	0.01	0.01	0.02	0.05	-	-	-	-	-	-	Golding									
Aurora	0.01	0.01	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-	Aurora								
Hallertau	0.01	0.01	0.01	0.05	0.1	-	-	-	-	-	-	-	Hallertau							
Record	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	Record						
Hallertauer Gold	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.05	-	0.1	-	-	-	-	Hallertauer Gold					
Atlas	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.05	0.1	0.1	-	-	-	-	-	Atlas				
Ahil	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.1	0.02	0.1	0.1	0.05	-	-	-	Ahil		
Star	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.1	0.05	0.05	0.05	-	-	-	-	Star	
Savinski Golding	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	-	-	-	-	Savinski Golding
Osvald's clone 72	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1

VI. Parameters of linear trend function ($y = a + bx$) as a criterion of yield stability (Žatec, 1978 to 1997)

Name of variety	Values of parameters		r	$r^2 \cdot 100$ (%)
	a	b		
Late Cluster	2.68	0.066	0.378	14.28
Cascade	2.48	0.027	0.281	7.91
Aurora	2.44	0.026	0.208	4.33
Osvald's clone 72	1.98	0.018	0.201	4.03
Northern Brewer	2.58	0.025	0.197	3.89
Atlas	2.16	0.020	0.170	2.87
Star	2.15	0.013	0.163	2.66
Dunav	3.18	0.019	0.129	1.67
Brewers Gold	3.69	0.016	0.103	1.07
Hallertau	2.64	0.004	0.004	0.14
Hüller Bitterer	2.99	0.005	0.032	0.10
Apolon	2.77	0.002	0.015	0.02
Fuggle	2.90	-0.009	0.091	0.82
Ahil	2.47	-0.015	0.147	2.15
Hallertauer Gold	2.63	-0.022	0.203	4.12
Savinski Golding	2.37	-0.024	0.241	5.81
Golding	3.07	-0.033	0.284	8.09
Record	2.85	-0.029	0.308	9.46
Vojvodina	4.29	-0.049	0.310	9.58
Neoplanta	3.70	-0.059	0.497	24.74

VII. Parameters of linear trend function ($y = a + bx$) as a criterion of α -bitter acids content stability (Žatec, 1978 to 1997)

Name of variety	Values of parameters		r	$r^2 \cdot 100$ (%)
	a	b		
Late Cluster	2.40	0.055	0.315	9.92
Hüller Bitterer	4.00	0.032	0.135	1.83
Dunav	4.13	0.022	0.099	0.97
Savinski Golding	2.98	0.017	0.077	0.59
Atlas	6.37	0.009	0.034	0.11
Cascade	3.92	0.005	0.025	0.01
Osvald's clone 72	2.68	-0.001	0.009	0.01
Hallertauer Gold	4.94	-0.014	0.061	0.37
Golding	3.37	-0.016	0.100	1.00
Hallertau	3.30	-0.021	0.107	1.14
Apolon	6.68	-0.044	0.121	1.46
Fuggle	3.91	-0.029	0.146	2.13
Brewers Gold	6.06	-0.048	0.211	4.43
Neoplanta	6.21	-0.055	0.219	4.79
Ahil	7.96	-0.097	0.255	6.52
Record	5.09	-0.086	0.312	9.73
Northern Brewer	7.63	-0.120	0.347	12.08
Star	3.05	-0.059	0.361	13.01
Aurora	9.48	-0.185	0.515	26.56
Vojvodina	6.38	-0.175	0.574	32.98

($b = -0.185/-0.175$, $100r^2 = 26.56/32.98$, resp.). It can be stated that decline of α -bitter acids content is significant property of these varieties (Fig. 1). To some extent is this property also influenced by climate conditions. K r a l j (1985) evaluates Aurora variety to be one of the best of Slovenian.

Nearly all varieties have negligible or very slight dependence of stability change on time (aging of plants) from the point of view of yield and α -bitter acids content stability. Decline of stability in Neoplanta (yield) and Vojvodina (α -bitter acids content) varieties with highest decline of linear trend function is above all caused by random fluctuations of weather conditions in current vegetation year (75.26%/67.02%, resp.). The instability is caused particularly by environmental conditions than by aging process of plants in the course of 20 years.

CONCLUSION

Brewers Gold variety with the highest yield conclusively overtops all other ones. It does not exhibit negative regression and correlation in dependence on age of plants. Neoplanta variety with higher yield proves some dependence of yield decline on age of plants. Osvald's clone 72 in spite of low yield and α -bitter acids content exhibits good stability of investigated parameters in dependence on age of plants. That means that in the course of 20 years no yield decline or α -bitter acids content decline was registered. Aurora variety with the highest α -bitter acids content consecutively confirms (*t*-test) its priority compared to other ones (instead of Ahil variety). Aurora and Vojvodina varieties prove dependence of α -bitter acids content decline on age of plants.

According to coefficient of determination Late Cluster variety is the most stable either in the yield and α -bitter acids content as well. New varieties (domestic and foreign) regarding to long-term planting at the site must have variability as low as possible, good stability in yield and α -bitter acids content in the period of full performance (20 years at least). As the results showed, yield and α -bitter acids content instability in investigated varieties is preferably caused by environmental conditions than by aging process of the plants in the course of 20 years.

REFERENCES

- BAREŠ, I. – DOTLAČIL, L.: Rámcová metodika studia genových zdrojů kulturních rostlin v ČSSR na léta 1985–1990. 1985.
- BAKSHI, S. K. – ATAL, C. K.: Hops in India. Region. Res. Lab., Jammu-Tawi, India, 1985.
- BERÁNEK, F.: Národní program konzervace a využití genofondu rostlin. [Výroční zpráva.] Žatec, CHI 1997.
- BRABENEC, V.: Aplikace statistických metod s řešenými úlohami pro agronomy. Praha, VŠZ 1979.
- FRIC, V.: Pěstování chmele. Žatec, CHI 1995.
- KÁBA, B.: Statistika. Praha, VŠZ 1982.
- KRAJL, D.: Ocena pridelovanja druge generacije kultivarjev hmelja v Slovenii. Hmeljar, 39, 1985 (1).
- MARR, J. F.: Provisional report on the analysis of the 1985 hop crop. Engl. Hops, 1986 (1).
- UŽÍK, M.: Parametre stability a ich aplikácia v šľachtení rastlín. Genet. a Šlecht., 31, 1995 (4).
- ZELENKA, V.: Genetické zdroje – kolekce chmele. [Závěrečná zpráva.] Žatec, VÚCH 1980.

Received on February 3, 1998

Contact Address:

Ing. Vladimír N e s v a d b a, Chmelařský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, Česká republika, tel.: 0397/63 21 44, fax: 0397/63 21 50

UTILIZATION OF WILD HOPS TESTATION FOR EXTENTION OF GENETIC SOURCES FOR BREEDING

VYUŽITÍ TESTACE PLANÝCH CHMELŮ K ROZŠÍŘENÍ GENETICKÝCH ZDROJŮ PRO ŠLECHTĚNÍ

K. Krofta, V. Nesvadba, J. Patzak

Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec, Czech Republic

ABSTRACT: Wild hops represent an important part of genetic sources. 22 female hops and one male hop were taken on 12 localities in Saaz hop growing region. Their testation was performed from the following points of view: morphological description, chemotaxonomy, molecular diagnostics, state of health including occurrence of virus and viroids pathogens. Morphological description and chemical taxonomy indicate similarity to Saaz semi-early red-bine hops, but molecular biology analysis this relationship in some cases did not fully confirmed. The results showed that wild hops represent relatively heterogenic plant material. The occurrence of virus and viroid infections is substantially reduced compared to cultural hops within hop growing area. General health condition of wild hops without pest control proves higher resistance against pests and diseases in comparison with Saaz semi-early red-bine hops (Osvald's clone 72).

hop breeding; Saaz semi-early red-bine hop; wild hop; morphological description; hop resins; hop oils; hop powdery mildew; ApMV; HLVd; PCR; RAPD

ABSTRAKT: Plané chmele představují důležitou součást genetických zdrojů. Na 12 lokalitách žatecké chmelařské oblasti bylo odebráno a testováno 22 samičích chmelů a jeden chmel samčí. Testace byla provedena z hlediska morfologického popisu, chemotaxonomie, molekulární diagnostiky a zdravotního stavu, včetně výskytu virových a viroidních patogenů. Morfologický popis i chemická taxonomie nasvědčují příbuznosti se Žateckým poloraným červeňákem, ale molekulárně-biologická analýza tuto příbuznost v některých případech zcela nepotvrzuje. Výsledky ukázaly, že testované plané chmele představují poměrně heterogenní rostlinný materiál. Výskyt virových a viroidních infekcí je u nich podstatně nižší než v kulturních porostech chmelařské oblasti. Celkový zdravotní stav planých chmelů bez chemického ošetření vykazuje vůči chorobám a škůdcům vyšší odolnost než kontrolní Osvaldův klon 72.

šlechtění chmele; Žatecký poloraný červeňák; planý chmel; morfologický popis; chmelové pryskyřice; chmelové silice; peronospora chmelová; ApMV; HLVd; PCR; RAPD

INTRODUCTION

In the history of hop breeding wild hops have always played an important role as a genetic source. At the beginning of this century Salmon (1934) used native North American hops for breeding. High alpha varieties Bullion, Brewers Gold and Northern Brewer, that he bred, carry the genes of wild male hops, taken in 1916 in Canadian provinces Manitoba and Saskatchewan. Comet variety bred by Zimmermann et al. (1975) in the 70s arose from crossing with male seedling originated from Logan Canyon area in Utah.

Hauhold et al. (1993) used the genetic potential of wild hops too. He performed takings of native North American hops in the periods 1958 to 1960, 1983 to 1989 in several US states and Canadian provinces in the form of seeds and cuttings. The result of his activity is a collection of several hundreds seedlings and other cultivars which had good crossing ability with other

varieties of world assortment. Later some of them died as a consequence of hop powdery mildew infestation. Kurovskij (1975) from Ukraine and Wagner (1982) from Yugoslavia used wild hops for breeding cultural hop varieties in Europe.

Some older hop varieties grown in middle Europe region come from natural evolutionary breeding process from originally extended hops. Selection of the best plants and their introduction to the cultures with subsequent natural choice of most convenient growing locations allowed to arise a homogenous hop population. Owing to further deliberate breeding activities of many folk breeders and extending their work, gave rise to homogenous region hop populations such as Saaz semi-early red-bine hop, Hallertauer, Hersbrucker or Tettngang that obtained their names from production areas.

Until recently breeding of Czech hops has been limited almost exclusively to positive mass selections in

origin hops. The results of this breeding reflect to an assortment of varieties when nine clones are registered under the variety Saaz semi-early red-bine hop. Possibilities of mass selection are practically exhausted at the present time (B e r á n e k, 1995). Mass selections in fine aroma Saaz hops were finished in the 80s and four prospective clones were committed to state varietal trials. The possibility for obtaining new genetic sources, which has not yet been fully utilized, are selections in wild and grown wild populations of Saaz hops. Utilization of their breeding properties could extend genetic sources for hybridization of new genotypes.

MATERIAL AND METHODS

In the course of the years 1995 to 1997 samples of hop leaves and cones of wild and grown wild hops were taken in Žatec region. 22 samples of hop cones and leaves were taken in 12 localities, sampling was repeated in some of them in two to three vegetation seasons. In 1997 one sample of male hop leaves was taken. Preharvest descriptions of individual genotypes were performed according to hop classifier (B e r á n e k, 1978). Individual features are compared to Osvald's clone 72 of Saaz semi-early red-bine hop.

Sampling was performed in two terms:

- In spring (May) the samples of young leaves were taken for virological tests (ELISA) and for determination of sensitivity to hop downy mildew infection.
- At the beginning of September, at the stage of full maturity, samples of hop cones and leaves were taken. Leaves and part of hop cones for virology and molecular-biology tests were separated in fresh stage, put to plastic bag and stored at the temperature -45°C . The samples of hop cones for chemotaxonomy tests were dried in hot-air dryer at the temperature 50 to 60°C and then stored in plastic bag at the temperature -18°C until processing.

Chemotaxonomy characteristics of wild hops were made on the basis of hop resins and hop oils composition. Hop resins were analysed by HPLC method according to EBC 7.4.1 and by modified Wöllmer method (EBC 7.3.4). Both methods are based on extraction of hop resin in two-phase system diethylether-methanol-diluted hydrochloric acid. α - and β -bitter acids are analyzed directly from ether phase on HPLC column Nucleosil RP C18 (Macherey Nagel, Germany), $5\ \mu\text{m}$, $250 \times 4.6\ \text{mm}$. The mobile phase consists of the mixture methanol-water-phosphoric acid. Analyses were performed on liquid chromatograph Shimadzu LC-10A with Diode Array Detector at the wavelength $314\ \text{nm}$. Total resins, soft resins and β -fraction were determined gravimetrically from ether phase too after removal of waxes by freezing. Hop oils were isolated by steam-distilled method (Wright, Connery, 1951; Green, Osborne, 1993) and analysed by temperature programmed gas chromatography system (GC-MS/Varian

34000 + Finnigan ITD 800) on capillary column DB5 ($30\ \text{m} \times 0.25\ \text{mm} \times 0.25\ \mu\text{m}$).

Wild hops were characterized with the help of molecular biology method on the basis of PCR (Polymerase Chain Reaction) DNA analysis. RAPD (Random Amplified Polymorphism DNA) method for DNA fingerprinting was chosen. Modified method according to S a g h a i - M a r o o f et al. (1984) was used for isolation of high weight genomic DNA. Reaction mixture ($25\ \mu\text{l}$) contained reaction buffer, $3\ \text{mM}\ \text{MgCl}_2$, $200\ \mu\text{M}\ \text{dNTPs}$, $1.6\ \mu\text{M}$ primer, $0.75\ \text{U}$ thermostable Taq DNA polymerase (Promega, US) and $50\ \text{ng}$ genomic DNA. The primers used were synthesized at ITD company (Czech Republic) according to Fric, Patzak (1997). The amplification was performed in the thermocycler Progene (Techne, UK). First denaturation step was 3 minutes at the temperature 94°C , next 40 cycles had this profile: denaturation 30 seconds at 95°C , annealing 1 minute at 38°C , elongation 90 seconds at 72°C . Final elongation step was 10 minutes at 72°C . Reaction products were stored at the temperature -20°C .

Horizontal agarose electrophoresis (OWL, UK) was used for products evaluation. The separation ran on 1.5% agarose gel (FMC, US) in TAE buffer at the voltage $2\ \text{V}/\text{cm}$. DNA fragments were stained by SybrGreen (FMC, US), visualized by UV transilluminator, recorded by CCD camera and stored at the format TIFF files. Computer program MVSP, version 2.20 (Kovach Software, UK) was used for determination of genetic distances of individual wild hops. This program employs math relations according to Saito, Nei (1987).

The occurrence of virus and viroid pathogens was investigated in some wild hop cultivars. Apple Mosaic Virus (APMV) was determined using ELISA method (Enzyme-Linked Immunoassay) according to S v o b o d a (1993). Test kits Bioreba (Switzerland) were used for reaction on microtitration plates (Dynatech, UK). Infection was detected by spectrophotometer MR 700 (Dynatech, UK).

"Dot-blot" DNA-RNA hybridization method according to Matoušek et al. (1994) was used for detection of hop latent viroid (HLVd). Hybridization was performed with the help of HLVd radioactive (α - ^{32}P]dUTP) and nonradioactive (digoxigenin-dUTP) labelling probes at the temperature 68°C . Infection was detected on X-ray film (Medix MA, FOMA, ČR). The intensity of HLVd infection was evaluated with the help of densitometer.

Determination of resistance of wild hops against pests and diseases was a part of complex evaluation. The resistance against hop aphid and hop spider mite was classified visually. The sensitivity to hop powdery mildew infection was determined visually and complemented by laboratory tests with hop leaves using "disc method" (B e r á n e k, N e s v a d b a, 1997). The principle of this method consists in artificial infection of two hop leaves, one leaf is a control. Leaves are placed

between two glass discs. After seven days the resistance is evaluated according to the degree of leaves damage with the help of classifier (Tab. I).

I. Classifier for evaluation of resistance against hop powdery mildew

Degree of damage	Symptoms of damage
0 – high resistant	without damage
1 – resistant	damaged less than 1/8 of leaves' area
2 – medium resistant	damaged 1/8 to 1/4 of leaves' area
3 – less resistant	damaged 1/4 to 1/2 of leaves' area
4 – sensitive	damaged 1/2 to 3/4 of leaves' area
5 – high sensitive	damaged more than 3/4 of leaves' area

RESULTS AND DISCUSSION

Within the framework of wild hops testation morphological description of hop plants were performed and compared to Oswald's clone 72 (Saaz semi-early red-bine hop). These results are summarized in Tab. II. This evaluation can be distorted in some parametres because a lot of bines grow from the hill of wild hop which results in weaker habitus of the plants compared to the growth on training wire. Colour of leaves is well comparable. Three wild hops (L1, L2, L3) have light green colour of leaves, two others (L5, L6) have deep green one. In other three markers (density of leaves, length of laterals, density of cones) wild genotypes do not reach parametres of control hop. Most of wild hops

are comparable with the control in cones size (instead of D1, Z3). According to maturity wild hops can be classified as early to semi-late.

The composition of hop resins and hop oils of wild hops is collated in Tab. III and IV. The range of α -bitter acids content is 2.7 to 8.6% w/w and β -bitter acids content 3.0 to 7.8% w/w. Some wild hops (L2, D1) with higher α -bitter acids content (> 5.0%) have similar parameters as virus-free Oswald's clone 72. Higher content of α -bitter acids and unchanged β -bitter acids content means that α/β ratio is greater than 1.0. Virological tests confirmed virus-free stage. The highest α -bitter acids 8.6% w/w in L7 place this cultivar to the variety group with higher α -bitter acids content like Perle or Sládek.

The composition of hop oils gives another information about origin of wild hops. All hops instead of L3 and L7 cultivars content a lot of farnesene (more than 10%) in hop oils. This sesquiterpenic hydrocarbon is typical marker of fine aroma hops (Saaz, Tettnang, Spalter), its occurrence in hop oils is not frequent. Farnesene (30 to 40%) and selinenes (7 to 9%) dominate in hop oil composition of L1 cultivar. The chromatograms of hop oils some wild and Saaz hops are in Fig. 1.

Cohumulone proportion is very low in all wild hops. It moves in the range of 19 to 25% rel. and does not exceed 27% rel. Correspondingly, colupulone proportion is relatively low too and moves mostly in the range of 39 to 42% rel. Generally speaking composition of α - and β -bitter acids of tested wild hops does not differ from most of cultural hop varieties. The same holds

II. Preharvest descriptions of wild hops (Žatec, 1995 to 1997)

Sample description	Sex	Colour of leaves	Density of leaves	Length of laterals	Density of cones	Size of cones	Maturity
L1	female	1	1	1	3	3	3
L2	female	1	3	1	5	3	5
L3	female	1	1	1	3	3	5
L4	female	5	5	3	3	5	5
L5	female	9	5	3	3	3	5
L6	female	9	5	1	1	3	5
L7	female	5	5	1	3	5	5
D1	female	5	7	3	3	7	7
D2	female	5	3	3	3	3	5
Z1	female	5	1	1	1	1	5
Z2	female	5	5	3	3	3	5
Z3	female	5	1	1	1	1	3
Z4	male	5	3	1	1	–	–
Oswald's clone 72	female	5	5	5	7	5	5
Point evaluation according to classifier							
Points	1	light green	very scarce	very short	very scarce	very short	very early
	3		scarce	short	scarce	short	early
	5	green	medium	medium	medium	medium	semi-early
	7		dense	long	dense	long	semi-late
	9	deep green	very dense	very long	very dense	very long	late

III. Composition of hop resins of wild hops

Sample description	year	EBC 7.4.1					EBC 7.3.4				
		α -bitter acids	β -bitter acids	α/β	cohumulone	colupulone	total resins	soft resins	lead conductance value	β -fraction	hard resins
L1	1996	4.2	5.2	0.68	20.0	37.4					
	1997	2.8	3.2	0.87	18.0	35.9	9.7	8.6	2.7	5.9	1.1
L2	1995	6.3	4.4	1.43	22.3	43.1	17.7	16.4	7.0	9.4	1.3
	1996	6.2	5.5	1.14	25.0	45.2					
	1997	7.1	5.1	1.40	21.6	41.4	17.6	16.4	7.1	9.3	1.2
L3	1996	5.0	3.9	1.27	19.9	38.4					
	1997	5.1	3.7	1.37	19.7	38.5	13.2	12.3	5.1	7.2	0.9
L4	1996	4.4	4.3	1.02	27.3	44.1					
	1997	3.5	3.5	1.00	25.9	41.6	12.0	10.8	3.5	7.3	1.2
L5	1996	4.9	4.9	1.00	21.1	40.0					
	1997	3.9	3.7	1.06	19.1	38.6	11.4	10.4	3.9	6.5	1.0
L6	1996	4.1	2.1	1.92	20.5	40.5					
	1997	6.5	7.8	0.83	20.9	40.9	20.9	19.6	6.5	13.1	1.3
L7	1997	8.6	5.1	1.68	22.1	41.3	19.5	18.4	8.5	9.9	1.1
D1	1996	5.2	4.8	1.09	23.2	39.1					
	1997	7.9	5.3	1.51	26.8	44.6	20.1	19.1	8.0	11.1	1.0
D2	1996	6.2	4.5	1.40	21.8	39.9					
	1997	5.1	4.2	1.22	21.0	36.6	17.7	15.5	5.7	10.0	2.2
Z1	1995	2.7	3.0	0.90	21.2	38.4	12.6	9.6	3.4	6.2	3.0
Z2	1996	2.7	3.3	0.82	19.8	38.9					
Z3	1996	6.2	6.5	0.95	26.3	41.6					
Oswald's clone 72		3.5-4.5	4-6	0.7-0.9	21-25	40-43	13-16	12-14	4-5	8-10	1-2
Oswald's clone 72/VF		5.5-7.5	4.5-6.0	1.0-1.5	21-25	40-43	17-20	16-18	6-8	9-11	1-2

Contents of resins are based on dry matter; HPLC standard ICE 1/VF = virus-free

true about cohumulone and colupulone proportion. Cultivars with significant farnesene content in hop oils prevail.

Molecular biology analysis of wild hops was based on study of polymorphism of individual fragments of RAPD reaction. Four 10 base oligonucleotids were used as primers according to Fric, Patzak (1997) in our work. Primer OPA-11 gave one a polymorphic fragment, primer OPC-09 gave four fragments, primer OPC-08 three fragments and primer OPV-17 gave two polymorphic fragments. The pattern of RAPD reaction with primer OPV-08 is shown in Fig. 2 and the pattern of RAPD reaction with primer OPV-17 is shown in Fig. 3. The presence or the absence of polymorphic fragments in RAPD pattern for individual wild hops is summarized in Tab. V. With the aid of program MVSP, polymorphic fragments were transferred to matrix and statistically evaluated. Dendrogram (Fig. 4) was constructed on the basis of unweighed pair group method (UPGMA). This dendrogram partly maps genetic distances of individual wild hops.

Morphological description of wild hops and their chemical taxonomy of most of them give testimony of similarity with Saaz semi-early red-bine hops. Molecular biology analysis this similarity does not fully confirm, as it is recognisable from data in Tab. V. Only L5, L6 and partly L4 hops, on the basis of DNA analysis, are most related to the genome of fine Saaz hops. Their chemotaxonomy parameters are also similar to Saaz hops. Simultaneously these hops have the highest resistance against hop powdery mildew infection. This knowledge testifies to a fact, that in origin hop populations some genotypes, similar to Saaz hops, with higher resistance to hop powdery mildew can be found. L7 cultivar does not resemble to fine aroma hops according to chemotaxonomy analyses (high α -bitter acids content, low farnesene proportion in hop oils), but morphological description and particularly molecular analysis some linkage to genetic group of fine Saaz hops confirm. This is probably the question of hybrid hops originated from spontaneous pollination.

IV. Hop oils composition of wild hops

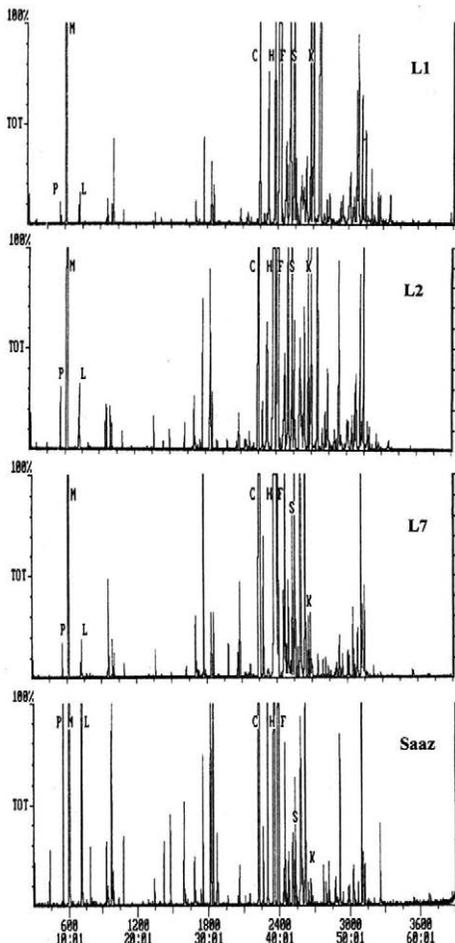
Locality	Year	Weight (g/100 g)	Proportion of individual components (% rel.)													
			β -pinene	myrcene	limonene	linalool	2-undecanone	4-decanoic acid ME	caryophyllene	humulene	farnesene	β -selinene	α -selinene	γ -adinen	δ -cadinene	selinadienes
L1	1996	0.84	0.2	25.6	0.3	0.2	1.3	1.0	4.3	1.8	32.0	3.8	3.6	0.6	0.7	< 0.01
	1997	0.70	0.1	13.9	0.2	0.1	0.5	0.2	3.7	2.6	44.9	4.5	4.8	0.2	0.5	< 0.01
L2	1995	0.64	0.3	18.9	0.5	0.3	2.3	1.8	7.3	17.1	22.3	1.7	1.8	0.9	1.2	0.3
	1996	1.22	0.3	39.4	0.4	0.3	1.0	1.2	7.3	18.8	11.3	1.4	1.7	1.0	0.9	0.3
	1997	1.16	0.2	27.8	0.2	0.2	0.5	0.9	6.6	25.8	18.9	1.8	2.0	0.6	0.9	0.2
L3	1996	0.87	0.2	28.5	0.2	0.2	1.2	1.1	7.2	32.5	0.6	1.8	2.1	1.1	1.4	0.4
	1997	1.13	< 0.01	11.0	0.0	< 0.01	0.2	0.2	14.3	52.6	0.8	2.0	2.5	1.2	1.8	< 0.01
L4	1996	0.78	0.2	23.5	0.4	0.1	0.9	0.7	9.3	19.7	11.4	2.7	4.1	1.6	1.5	< 0.01
	1997	0.55	0.1	13.7	0.3	0.1	0.4	0.3	9.0	20.4	13.9	3.7	6.2	1.9	2.5	< 0.01
L5	1996	0.58	0.3	29.1	0.5	0.1	0.2	1.3	8.7	23.5	14.5	1.4	1.7	1.7	1.0	0.2
	1997	0.30	< 0.01	5.2	0.1	< 0.01	0.0	0.4	10.2	37.1	24.8	2.1	2.6	1.7	1.5	0.3
L6	1996	1.01	0.2	29.3	0.3	0.2	0.3	1.2	8.4	18.1	10.2	2.8	4.1	0.8	1.0	< 0.01
	1997	1.85	0.2	30.7	0.2	0.2	0.1	1.0	5.3	17.6	15.6	3.1	3.7	0.5	0.5	< 0.01
L7	1997	0.54	0.1	14.6	0.1	0.1	1.5	0.3	15.0	48.6	2.5	0.9	1.9	2.1	2.6	0.6
D1	1996	0.61	0.2	29.1	0.3	0.1	1.0	1.7	10.0	33.5	12.5	0.3	0.4	0.7	1.0	0.3
	1997	0.83	0.3	28.7	0.2	0.3	0.4	1.2	7.6	33.2	12.4	0.3	0.5	1.6	1.6	0.2
D2	1996	0.80	0.2	27.8	0.3	0.2	2.2	1.8	10.2	29.2	9.7	0.2	0.4	0.7	1.1	0.2
	1997	0.98	0.2	20.1	0.3	0.5	0.4	1.1	10.4	48.6	1.1	0.3	0.6	1.5	2.1	0.3
Z1	1995	0.34	0.1	8.2	0.1	0.1	1.7	0.1	13.4	33.1	12.9	0.6	0.9	1.5	2.1	0.2
Z2	1996	0.48	0.1	10.8	0.1	0.2	1.9	0.4	8.1	19.1	26.9	1.8	3.0	1.4	1.0	0.3
Z3	1996	1.26	0.4	48.6	0.3	0.2	0.9	1.4	6.1	20.2	12.3	0.2	0.2	0.5	0.7	0.1
Osvald's clone 72		0.5-1.5	0.3-0.7	30-40	0.3-0.7	0.2-0.5	1.0-1.2	1.0-2.0	4-8	15-25	10-20	0.1-0.3	0.2-0.4	0.5-1.0	0.5-1.0	0.05-0.2

V. The presence of polymorphic fragments of primers used in RAPD reaction of tested wild hops

Primer	C-08	C-08	C-08	C-09	C-09	C-09	C-09	A-11	V-17	V-17
Size of the fragment (pb)	450	420	650	1 500	550	580	530	1 200	650	800
L1	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-
L2	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+
L3	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
L4	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-
L5	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
L6	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
L7	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
D1	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
D2	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-
Osvald's clone 72	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-

Wild hops D1, D2, L1, L3 form separate genetic group on the basis of DNA analysis. Chemotaxonomy analyses are considerably different, especially in hop oils composition. Content of farnesene in L1 oils is much higher than in all known world varieties and even twice higher compared to Osvald's clone 72. Content

of hop resins is very low. Molecular analysis confirmed higher genetic distance L1 hop from Saaz semi-early red-bine hops. Hops D2 and L3 have the highest similarity in this genetic group what chemotaxonomy analyses confirmed (absence of farnesene in hop oils). Long distance of both localities avoids the possibility



1. Gas-liquid chromatograms of the wild female hops L1, L2, L7 and Saaz hops (control)

Peak identification: P = β -pinene, M = myrcene, L = limonene, C = caryophyllene, H = humulene, F = farnesene, S = selinene, K = cadinene

that it is the same plant material. Size of cones, higher content of α -bitter acids and maturity of D1 cultivar testify to its hybrid origin. It was confirmed by DNA analysis. Composition of hop oils with high farnesene proportion indicates some affinity to Saaz semi-early red-bine hops. Very interesting is wild hop L2. Chemotaxonomy analyses are almost identical with parameters of virus-free Oswald's clone 72 (high α -bitter acids content, α/β ratio is greater than 1.0, significant proportion of farnesene in hop oils). This similarity also indicates higher sensitivity to hop powdery mildew. Molecular biology analysis however ranks this hop like genetic most different from Oswald's clone 72. This

VI. Occurrence of ApMV in wild hops (ELISA test, 1997)

Sample identification	ELISA test – ApMV
L1	negative
L2	negative
L3	negative
L4	negative
L5	negative
L6	negative
D1	negative
D2	negative
Z2	negative
Z4	negative
Oswald's clone 72	positive

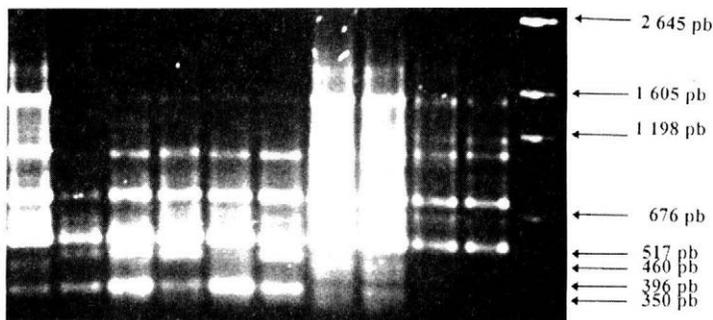
VII. Infection of wild hops by hop latent viroid (HLVd)

Sample identification	Infection HLVd
L1	negative/slightly positive
L2	slightly positive (0.03–0.3 pg/g of fresh weight)
L3	negative
L4	negative
L5	negative
L6	negative
L7	negative
D1	negative/slightly positive
D2	slightly positive (0.03–0.3 pg/g of fresh weight)
Oswald's clone 72	strong positive (3–30 pg/g of fresh weight)

apparent inconsistency can be caused by the method used which analyses only some genome fragments and cannot be considered as a complete molecular analysis of genomic DNA.

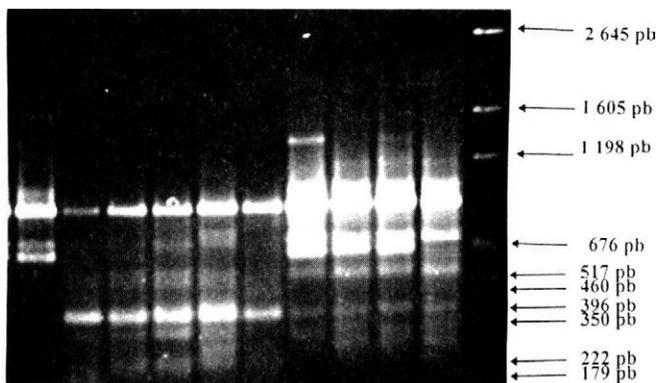
The results of virology tests are summarized in Tab. VI. Within the framework of these tests the occurrence of ApMV (Apple Mosaic Virus) was only investigated. This virus is the most extended in Czech hops and its economic harmfulness is the most relevant. Occurrence of other viruses (PNRV, HMV, ArMV) was not examined because they occur substantially less in production hop gardens. ApMV was not found in any of tested wild hops. Infection by hop latent viroid (HLVd) was investigated in subgroups L and D of wild hops. The results are collated in Tab. VII. Slight HLVd infection was found only in L2 and D2 wild hops, all others have negative findings. Limit infection in L1 and D1 should be verified in further tests. These results are in contrast with high viroid levels in Saaz aroma hops. It is very interesting because only mechanical transfer of this viroid is known.

Occurrence of pests (hop aphids and hop spide mite) was very low in all tested wild hops, under the threshold of economic harmfulness. The evaluation of wild hops sensitivity to hop downy mildew infection is sum-



Lane: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

2. Agarose gel electrophoresis of RAPD pattern, for primer OPC-08, for individual wild hops



Lane: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

3. Agarose gel electrophoresis of RAPD pattern, for primer OPV-17, for individual wild hops

Lane 1: Oswald's clone 72, Lane 2: D1, Lane 3: D2, Lane 4: L1, Lane 5: L2, Lane 6: L3, Lane 7: L4, Lane 8: L5, Lane 9: L6, Lane 10: L7, Lane 11: Promega pGEM^R DNA marker

marized in Tab. VIII. Three hops L4, L5, L6 have high resistance in cones, testation on leaves showed only medium resistance. On the other hand, wild hop L2 showed medium resistance on leaves but cones were more sensitive. It means that on the basis of leaves testation (disc method) total resistance of the whole plant, especially hop cones against hop downy mildew infection, cannot be reliably determined. Male hop Z4 showed the highest resistance determined by disc method. Such resistance is not usual in male hops. This cultivar will be introduced to hybridization program with the aim of breeding resistant offsprings.

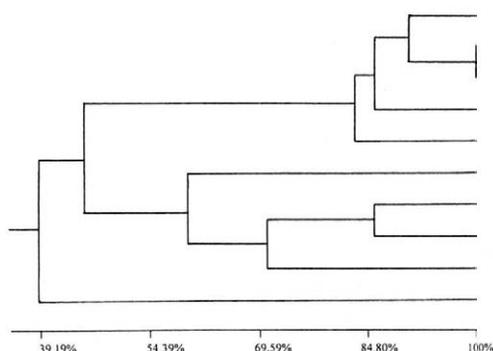
CONCLUSION

The results of wild hops testation showed that these hops represent relatively heterogenous plant

material in spite of being located in region where homogenous hop populations of Saaz semi-early red-bine hops are grown. Chemotaxonomy complemented by molecular biology analysis gives much better characterization of tested hops. The occurrence of virus and viroid infections is substantially reduced compared to cultural hops within hop growing area. Complex testation of wild hops can extend genetic sources for hop breeding.

Acknowledgement

We thank to P. Svoboda (Hop Research Institute Co., Ltd., Žatec) for performance of ELISA tests and to J. Matoušek (IPMB AS CR, České Budějovice) for cooperation in viroid diagnostics.



Osvald's clone 72

4. Dendrogram of genetic distances for individual wild hops, calculated for 4 RAPD primers

REFERENCES

- BERÁNEK, F.: Klasifikatory morfologických vlastností a chemicko-technologické hodnocení chmele. [Závěrečná zpráva.] Žatec, VÚCH 1978.
- BERÁNEK, F.: Pěstování chmele. Sbor. CHI Žatec, 1995: 21–26.
- BERÁNEK, F. – NESVADBA, V.: Hop breeding aimed at resistance against peronospora humuli (*Pseudoperonospora humuli* Myiabe et Takahasi Wils.) with the help of artificial infections. Proc. IHGC, Žatec 1997.
- FRIC, V. – PATZAK, J.: Varietal rebuilding in Czech Republic and utilization of modern molecular biological methods during the evaluation of breeding material. Proc. Sci. Comm. IHGC, Žatec 1997.
- GREEN, C. – OSBORNE, P.: Rapid method for obtaining essential oil from hops. J. Inst. Brew., 99, 1993: 335–339.
- HAUNOLD, A. et al.: Agronomic and quality characteristics of native North American hops. J. ASBC, 51, 1993: 133–137.
- KUROVSKIJ, I. P.: Itogi raboty Ukrajinskoj opytnoj stancii chmelevodstva. Chmelevodstvo, 1975: 3–9.
- MATOUŠEK, J. – TRNĚNÁ, L. – SVOBODA, P. – RŮŽKOVÁ, P.: Analysis of hop latent viroid (HLVd) in commercial hop clones in the Czech Republic. Rostl. Vyr., 40, 1994 (10): 973–983.
- SAGHAI-MAROOF, M. A. – SOLIMAN, K. M. – JORGENSEN, R. A. – ALLARD, R. W.: Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 81, 1984: 8014–8018.
- SAITO, M. – NEI, M.: The neighbor-joining method: A new method for reconstruction phylogenetic trees. Molec. Biol. Evol., 4, 1987 (4): 406–425.
- SALMON, E. S.: Two new hops: Brewer's Favourite and Brewer's Gold. J. S.-E. Agric. Coll. Wye, 34, 1934: 93–105.

VIII. Evaluation of resistance against hop downy mildew (hop leaves and cones, Žatec, 1995 to 1997)

Sample description	Visual evaluation (hop cones)	Disc method leaves (points)
L1	sensitive	1.70
L2	sensitive	2.60
L3	sensitive	4.00
L4	resistant	1.45
L5	resistant	2.30
L6	resistant	2.20
L7	less resistant	–
D1	less resistant	–
D2	medium resistant	–
Z1	less resistant	–
Z2	less resistant	2.20
Z3	medium resistant	–
Z4 (male)	–	0.35
Osvald's clone 72	medium resistance	2.95

SVOBODA, P.: Zjištění přítomnosti carlavirů a ilarvirů u českých odrůd chmele metodou ELISA. Ochr. Rostl., 29, 1993 (4): 259–264.

WAGNER, T.: Superior plants of wild hop population in Yugoslavia. In: Proc. Jugoslavski simpozij za chmeljarstvo, Žatec, 1982: 7–16.

WRIGHT, R. G. – CONNERY, F. E.: Studies of hop quality. Amer. Soc. Brew. Chem. Proc., 1951: 87–101.

ZIMMERMANN, J. et al.: Registration of Comet hop. Crop Sci., 15, 1975: 98.

ANALYTICA EBC. 4th ed. Zürich, 1987.

Received on February 3, 1998

Contact Address:

Ing. Karel Krofta, Chmelařský institut, s. r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, Česká republika, tel.: 0397/63 21 18, fax: 0397/63 21 50

THE EFFECT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF GROUNDWATERS

VLIV ANTROPOGENNÍ ČINNOSTI NA CHEMICKÉ SLOŽENÍ PODZEMNÍCH VOD

Z. Wittlingerová¹, L. Kříž²

¹*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

²*Water Resources Co., Chrudim, Czech Republic*

ABSTRACT: Air pollution with industrial emissions in the territory of the industrial conurbation Hradec Králové – Pardubice, and associated changes in atmospheric precipitation quality, induce regional changes in groundwater quality in the long run. SO₂ content in the air corresponds in the given territory to time changes limited by quantities of sulfur emissions, particularly from the source Opatovice power-station. Data (source CHMI) processed by regression analysis confirm the relation between SO₂ content in the air and SO₄²⁻ concentration in precipitation waters. Time relevés of the groundwater chemistry show an obvious trend of increasing SO₄²⁻ concentrations in groundwaters. Observation wells in the shallow network of CHMI have provided evidence of a 1.6 to 3.9 times higher increase against the original SO₄²⁻ concentration in the last ca 30 years.

emissions; atmospheric precipitation; groundwater quality

ABSTRAKT: Znečištění atmosféry průmyslovými emisemi v zájmovém území průmyslové aglomerace Hradec Králové – Pardubice a s ním související změny v kvalitě atmosférických srážek způsobují v dlouhodobém časovém horizontu regionální změny kvality podzemních vod. Obsah SO₂ v atmosféře odpovídá v daném území časovým změnám, limitovaným množstvím emitované síry, především ze zdroje elektrárna Opatovice. Údaje (zdroj ČHMÚ), zpracované regresní analýzou, potvrzují vztah mezi obsahem SO₂ v ovzduší a koncentrací SO₄²⁻ ve srážkových vodách. Časové snímky chemismu podzemních vod dokládají výrazný trend zvyšování obsahu SO₄²⁻ v podzemních vodách. Vrtý mřížkové sítě ČHMÚ vykazují za posledních ca 30 let nárůst v rozmezí 1,6- až 3,9násobku původní koncentrace SO₄²⁻.

emise; atmosférické srážky; kvalita podzemních vod

INTRODUCTION

The territory under observation lies between the towns of Hradec Králové and Pardubice, in the central part of Bohemian Cretaceous Basin, consisting of pelitic sediments of the Elbe marl facies. Opatovice power-station burning brown coal with high sulfur contents is situated in the middle of this area. Chemical composition of waters is influenced by many factors of local as well as of regional importance. Air pollution, and associated precipitation quality, are major factors of regional importance (K a c , P a s k o v s k i j , 1988). Large amounts of pollutants are efficiently removed from the air by a washing mechanism (Team of Authors, 1976) when pollutants are released from the air and transported to the earth surface. Anthropogenic impacts influencing groundwater quality in the given territory of the industrial conurbation Hradec Králové – Pardubice are represented mainly by a long-term load with a wide spectrum of pollutants (R o s h a l , 1980; Wittlingerová et al., 1994).

MATERIAL AND METHODS

In orographic terms, the territory under observation is situated in the central part of Bohemian Cretaceous Basin, consisting of pelitic sediments of the Elbe marl facies. The Cretaceous formation in this territory is fully overlaid with Quaternary fluvial gravel-sand sedimentary deposits forming the Elbe river bed Bohdanečská brána formation. It is a belt of the Elbe gravel-sand accumulations in the north-east – south-west direction, ca 15 km long and 3 to 6 km in width. The belt axis runs approximately from Opatovice through Bohdaneč and Černá near Bohdaneč, where it is united with the belt of deposits on the right bank of the present Elbe stream. The terrace is sharply demarcated with a Cretaceous slope of the Stébelská hillside on the south-east border of Bohdanečská brána formation. The gravel-sand demarcation at the north-west border has finger-like projections from a flat valley. The thickness of Quaternary deposits (i.e. including locally developed wind-blown sands and the overlay of

Holocene loamy alluvial deposits of variable thickness) in the wide central belt of Bohdanečská brána formation amounts to 10 to 13 m. Quaternary sediments in the territory concerned are part of the south-west border of hydrogeological zone 112 Quaternary Sediments of the Elbe to Pardubice. The belt of Bohdanečská brána gravel-sand accumulations forms an extensive reservoir of groundwaters intensively used in the water-management sector. The Cretaceous parent rock of Quaternary aquifer is impermeable as a whole, the thickness of aquiferous gravel-sand stratum above the level of Cretaceous relief is mostly 8 to 10 m, locally even 11 m (Blažek, 1992).

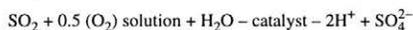
Increasing concentrations of sulfates in groundwaters have been recorded in the territory concerned since the eighties. The period of observation from 1985 to 1994 at the Hradec Králové station (Czech Hydrometeorological Institute – CHMI) is documented in Fig. 2. Changes in average annual SO₂ contents in the air and SO₄²⁻ concentrations in atmospheric precipitation can be seen here. The graph was plotted for the period 1985 to 1994 (Hradec Králové station of CHMI). Data on SO₄²⁻ concentrations in precipitation waters are provided by automatic precipitation samplers that make it possible to analyze precipitation water excluding the effect of dry deposition. These data were used to determine the relationship between SO₄²⁻ concentrations in precipitation waters and SO₂ content in the air. They were correlated with average annual SO₂ concentrations (measured at the Hradec Králové station), which is documented in Fig. 3.

Chemical composition of precipitation is produced in two stages: when cloudiness and fog are formed, and under rainfall and snowing. When clouds are formed at 100% atmospheric humidity, the moisture condenses to aerosol with particles 10⁻⁵ + 10⁻³ cm. Aerosol consists of small crystals of calcite, gypsum, dolomite, droplets of a solution of gases, SO₂, HCl, etc., organic and mechanical admixtures. The next stage occurs under rainfall or snowing when mineralization is increased as a result of aerosol entrainment (washing).

$$M_a = r_a \cdot (M_o + M_T)$$

where: *M_a* – mineralization of atmospheric precipitation
M_o – original mineralization
M_T – mineralization caused by aerosol washing
r_a – coefficient of change in solute concentration due to evaporation

Numerous micro-admixtures are efficiently removed from the air by the above described mechanism of washing. This particularly applies to SO₂ removal from the air and its transport to the soil surface. Catalytic oxidation in a dissolved state is a prevailing mechanism of SO₂ removal from the air, e.g. NH₄⁺ can be such a catalyst (Maslov, 1997).



SO₂ air pollution is manifested as a load of the watershed with SO₄²⁻ salts in this way.

Groundwater chemical properties in 23 selected facilities (wells, observation wells) were also studied when water samples were taken within the network (period from 5th to 12th March 1997), and analyses of the elementary type-forming ions Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻ and pH value were made. Samples were taken after a short-time pumping test and after stabilization of specific conductivity values.

RESULTS AND DISCUSSION

Opatovice power-station is a dominant emission source in the territory concerned. Dynamics of changes in SO₂ emission quantities (continual measurements) for the period 1985 to 1994 is documented in Fig. 1, monthly precipitation sums are given in Fig. 4. Immision situation, defined by SO₂ content in the ground layer of the air, corresponds to time changes in the emitted quantity of sulfur compounds. Fig. 2 shows visible changes in average annual SO₂ contents in the air and SO₄²⁻ concentrations in atmospheric precipitation. These data were used to define the relation between SO₄²⁻ concentrations in precipitation waters and SO₂ content in the air. Correlations with average annual SO₂ concentrations registered at the Hradec Králové station were calculated for this purpose. This relation is documented in Fig. 3. The coefficient of paired correlation is 0.9 for the regression equation of first degree $y = 0.3x + 4$. The least-squares method was used to solve this regression equation.

A time study of groundwater chemical properties was aimed at the elementary type-forming ions Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻ and pH value. Twenty-three facilities (wells and observation wells) were evaluated, and water samples were taken within the network. Water samples from the facilities (house wells and observation wells) were taken after a short-time pumping test, after stabilization of specific conductivity values (Kříž, 1997). The data on some parameters document this situation:

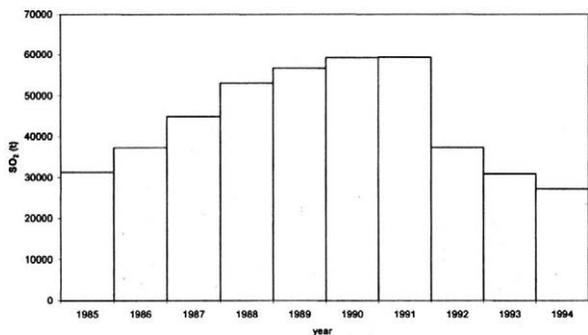
pH – water reaction mostly fluctuates in a slightly acid to slightly alkaline domain.

Specific conductivity – the values are in the range of 40 mS/m and more. This indicates waters showing a boundary of medium to increased mineralization, while waters with increased to high mineralization are not any exception.

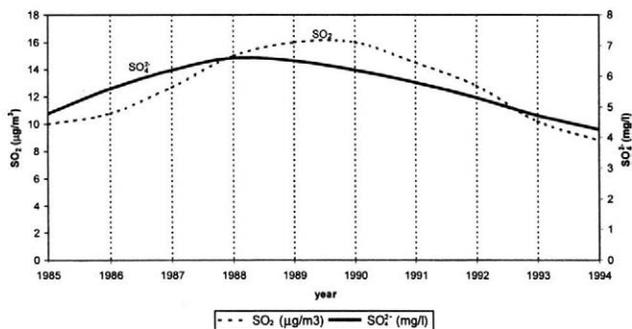
Chlorides (Cl⁻) – chloride concentrations in all samples complied with the limit value for drinking water (100 mg/l). Nevertheless, there are areas of increased values roughly corresponding to locations with increased specific conductivity.

Sulfates (SO₄²⁻) – approximately a quarter of the samples exceeded the limit value for drinking water (250 mg/l). Increased concentrations correspond to increased values of specific conductivity.

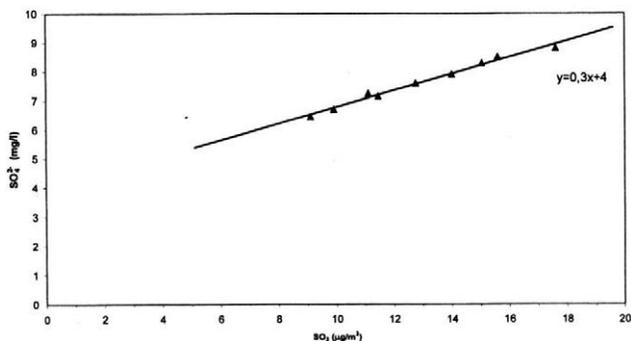
Nitrogen forms (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺) – differences in concentrations of the particular forms of nitrogen, mainly



1. Histogram of SO₂ emissions from the source Opatovice power-station



2. Average annual SO₂ contents in the air and average annual SO₄²⁻ concentrations in precipitation water in 1985 to 1994

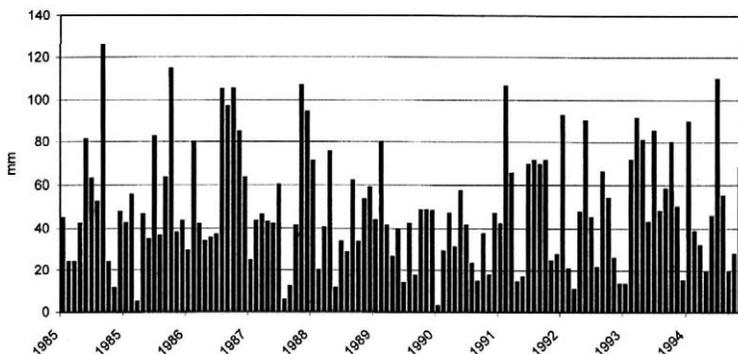


3. Relation between SO₄²⁻ concentrations in atmospheric precipitation and SO₂ contents in the air

nitrate, between the samples are relatively large. Nitrate concentration is significantly influenced, among other things, by the frequency of use (pumping) of the respective facility. In case that the facility is out of use for a long time, chemical reduction of nitrates to nitrogen forms with lower oxidation number takes place in the presence of iron ions (nitrites, gaseous nitrogen, or ammonium ions).

Data from observation wells in the shallow network (CHMI), with a time series of measurements that was established in 1963, were also processed. Tab. I shows

typical chemical composition of waters in the area concerned; gradual and permanent growth of SO₄²⁻ concentrations is documented here. Preceding papers indicate that the highest increase in SO₄²⁻ concentrations in groundwaters occurred in the eighties and in early nineties (Wittlingerová, 1994). The above described mechanism of changes in the chemical composition of atmospheric precipitation resulting from industrial emissions is manifested by regional changes in groundwater quality by several times increased SO₄²⁻ concentrations.



4. Histogram of monthly precipitation sums from Dobřenice station in 1985 to 1994

I. Chemical composition of groundwaters – basic components (mg/l)

Year	V 304			V 305			V 306			V 307		
	1963	1992	1997	1963	1992	1997	1963	1992	1997	1963	1992	1997
Na ⁺	31.0	70.4	38.0	24.9	16.3	24.4	15.7	15.6	20.0	34.9	27.0	20.0
K ⁺	2.0	2.6	3.3	3.3	3.2	3.8	5.6	3.5	4.0	5.5	12.5	8.0
NH ₄ ⁺	< 0.05	0.2	0.25	0.1	0.11	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.2	0.11	0.24
NO ₂ ⁻	–	0.01	0.03	–	< 0.01	0.03	0.01	< 0.01	< 0.01	0.1	0.03	0.04
NO ₃ ⁻	2.0	0.8	2.0	18.0	41.3	64.0	22.0	1.6	6.7	50.0	8.1	6.8
SO ₄ ²⁻	86.4	200.3	335.0	107.9	239.2	246.0	72.4	123.9	151.0	90.9	157.1	130.0
Cl ⁻	29.8	72.7	72.9	25.5	58.5	66.5	27.0	46.1	51.2	50.4	35.5	41.7
pH	6.7	7.1	6.71	7.1	7.1	7.06	7.2	7.3	7.14	7.0	7.0	7.05

REFERENCES

BLAŽEK, J.: Hydrogeologický ráj. 112. Regionální hydrogeologický průzkum. Chrudim, Vodní zdroje 1992: 3–49.
 KAC, D. M. – PASKOVSKIJ, I. S.: Meliorativnaja gidrogeologia. Moskva, Agropromizdat 1988. 256 pp.
 KRÍŽ, L.: Hrobice – Oplatil. Revize pásem hygienické ochrany. Chrudim, Vodní zdroje 1997: 18–23.
 MASLOV, A.: Sulfatnoje zagraznjenje podzemnych vod v verchnem tečenii r. Labe. Moskva, MGU 1997: 23–23.

ROSHAL, A. A.: Metody predelenija migracionnyh parametrov. Moskva, Vienc 1980. 62 pp.
 WITTLINGEROVÁ, Z. et al.: Prognóza znečištění složek životního prostředí vlivem antropogenní činnosti. Rostl. Výr., 40, 1994: 389–399.
 TEAM OF AUTHORS: Chimija nižnej atmosféry. Proc. Moskva 1976.

Received on February 3, 1998

Contact Address:

Ing. Zdena Wittlingerová, CSc., Česká zemědělská univerzita, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika,
 tel.: 02/24 38 28 51, fax: 02/32 58 63

VLIV HNOJENÍ KEJDOU PRASAT NA ZVÝŠENÍ BIODEGRADACE ROPNÝCH PRODUKTŮ V PŮDĚ

EFFECT OF PIG SLURRY ON INCREASE OF BIODEGRADATION OF PETROLEUM PRODUCTS IN SOIL

K. Římovský¹, F. Bauer¹, Z. Boháček², M. Linhartová², J. Toul²

¹Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

²Czech Geological Institute, Brno, Czech Republic

ABSTRACT: Fertilization of haylage oat in 1995 and winter rye for green forage in 1996 by pig slurry increased intensity of soil nitrification during growing season what was confirmed by finding actual nitrate content in soil. Positive effect of slurry on microbial processes in soil is given by a close ratio in slurry-contained carbon and nitrogen. Pig slurry at relative surplus of nitrogen represents a suitable nutritive substrate for soil microbes supporting their development. Soil contamination by gear oil and diesel oil in 1995 before sowing of haylage oat reduced intensity of soil nitrification. Application of pig slurry in contaminated soil reduced the negative impact of petroleum products on soil nitrification in the first growing season, and fully eliminated it in the second growing season (Tab. I). The course of biodegradation of petroleum products in soil was investigated through the ratio of hydrocarbons of n-heptadecane to pristan (C17/pri) and n-octadecane to phytane (C18/fy). In indirectly proportional relationship between decrease of these values and level of biodegradation a positive effect of pig slurry on biodegradation of particularly in case of petroleum products in soil (Tab. II) was confirmed (Tabs II and III). Another binding indicator of the degree of soil contamination by petroleum products is the content of nonpolar extractable substances (NEL). Analyses conducted proved the decrease in their content in soil due to applied slurry (Tab. IV). The effect of petroleum products on the biomass dry matter production biomass of haylage oat and winter rye on green forage was also evaluated in field trials (Tab. VI). Dry matter production was reduced in both cultivated crops on soil contaminated with oil and crude oil compared with uncontaminated soil. In oat it was by 25.11% due to oil, by 41.78% due to crude oil. In winter rye in the first case it was by 11.76%, in the second case by 15.44%. Addition of slurry reduced the negative impact of oil and crude oil on the biomass dry matter production of both experimental crops by acceleration of biodegradation of investigated petroleum products in soil.

pig slurry; nitrates; soil contamination; petroleum products; biodegradation

ABSTRAKT: Hnojení senážního ovsa a následně pěstovaného ozimého žita kejdou prasat zvýšilo v průběhu jejich vegetace intenzitu půdní nitrifikace, která byla posuzována podle aktuálního obsahu nitrátů v půdě. Po hnojení senážního ovsa se během jeho vegetace zvýšil aktuální obsah nitrátů v půdě o 219,3 až 530,5 %, po hnojení ozimého žita nebylo zvýšení jejich obsahu v půdě již tak významné. Po kontaminaci půdy ropnými produkty olejem a naftou došlo při srovnání s kontrolou ke snížení aktuálního obsahu nitrátů v půdě. Hnojení kontaminované půdy kejdou prasat negativní vliv ropných produktů na půdní nitrifikaci snížilo, v průběhu vegetace druhé pokusné plodiny ozimého žita ho již zcela eliminovalo. V modelových pokusech byla zkoumána možnost využití stimulačního účinku kejdy prasat na činnost půdních mikrobů za účelem urychlení biodegradace ropných produktů v půdě. V kontaminované půdě převodovým olejem a motorovou naftou byla jejich biodegradace sledována pomocí průběžných chemických analýz. Uváděné hodnoty studovaných parametrů znečištěné půdy ropnými produkty, provedené regresní analýzy a grafické znázornění obsahu nepolárních extrahovatelných látek (NEL) v půdě dokumentují pozitivní vliv kejdy na biodegradaci ropných produktů v půdě. Hnojení kejdou prasat po stimulaci činnosti půdních mikrobů urychlilo biodegradaci převodového oleje a motorové nafty v půdě a omezilo jejich negativní působení na produkci sklizené biomasy senážního ovsa a ozimého žita.

kejda prasat; nitráty; kontaminace půdy; ropné produkty; biodegradace

ÚVOD

Půda vedle vody a ovzduší představuje jednu ze základních složek životního prostředí člověka. Vlivem civilizčních procesů narůstá v poslední době jeho po-

škození, které se projevuje zhoršenou kvalitou vody, kontaminací půdy škodlivými látkami a znečištěním ovzduší.

Jednou z příčin zhoršení půdního prostředí je kontaminace půdy ropnými produkty. Nebezpečí nespočívá

pouze v toxicitě těchto látek pro rostliny, ale také ve skutečnosti, že přítomnost ropných produktů v půdě významně ohrožuje další složku životního prostředí, kterou představují vodní zdroje. Přítomnost ropných produktů ve vodě i v minimálním množství vylučuje použití vody k pitným účelům.

Zdrojem znečištění půdy a vodních zdrojů ropnými produkty se stalo i zemědělství, které se v současné době vyznačuje vysokým stupněm mechanizace. V převodových ústrojích zemědělské techniky jsou používány minerální oleje a palivem pro spalovací motory je nafta. Při provozu dochází k úniku těchto ropných produktů s následnou místní nebo i plošnou kontaminací půdy.

Odbourání těchto látek škodlivých pro rostliny probíhá v půdě složitými chemickými a biologickými procesy. Významné místo mezi nimi zaujímá biodegradace aerobními mikroby (Jobson et al., 1972; Raucherová, 1995). Z toho vyplývá, že biodegradaci ropných látek v půdě stimulují faktory podporující činnost půdních mikrobů, ke kterým patří příznivý fyzikální stav půdy, pravidelné a dostatečné hnojení organickými hnojivy, odpovídající vláhový, tepelný, vzdušný a živný režim půdy a další. Rychlost biodegradace ropných látek závisí také na struktuře jejich molekul, přičemž se předpokládá (Gough et al., 1992) rychlý rozklad uhlovodíků s jednoduchou strukturou. U složitých řetězců je tomu naopak.

MATERIÁL A METODA

Polní pokus byl založen na pozemcích ZEVO Střelice, v podmínkách řepašského výrobního typu, po předplodině ozimé pšenice. Pokusnou plodinou v roce 1995 byl senážní oves, v roce 1996 ozimé žito na zeleno.

Půda pokusného pozemku je střední, hlinitá hnědozem, půdotvorný substrát tvoří hluboká spraš. Dlouhodobý roční úhrn srážek činí 537 mm s poměrně příznivým rozdělením v průběhu vegetační doby. Průměrná roční teplota je 8,6 °C. Pokusný rok 1995 lze charakterizovat jako teplotně průměrný a srážkově podprůměrný, rok 1996 byl teplotně podprůměrný a srážkově nadprůměrný.

Použitý materiál

Kejda prasat: sušina 11,10 %, N 0,33 %, P 0,25 %, K 0,39 %, Ca 0,38 %, Mg 0,13 %

Motorová nafta: poměr n-heptadekanu (C17) : pristanu 1,62; n-oktadekanu (C18) : fytanu 1,05

Převodový olej PP 80: poměr n-heptadekanu (C17) : pristanu 1,41; n-oktadekanu (C18) : fytanu 0,92

Ovisu ovsa setého: odrůda PAN, ozimého žita: odrůda Beskyd

Pokusné varianty

K – kontrola bez kontaminované půdy olejem a naftou, bez hnojení kejdou

KE – hnojení kejdou (oves 8 l.m⁻², žito 2 l.m⁻²)
OL – kontaminace půdy olejem (2 l.m⁻²)
NA – kontaminace půdy naftou (2 l.m⁻²)
OL + KE – kontaminace olejem (2 l.m⁻²) + hnojení kejdou, stejně jako u varianty KE
NA + KE – kontaminace naftou (2 l.m⁻²) + hnojení kejdou, stejně jako u varianty KE

Kontaminace půdy olejem a naftou proběhla před setím senážního ovsa v roce 1995, aplikace kejdy k senážnímu ovsu a ozimému žitu před setím těchto plodin v roce 1995.

Plošné uspořádání pokusu

Pokus byl uspořádán blokovým způsobem. V každém ze tří bloků byly pokusné varianty systematicky řazeny vždy jako jedno opakování. Mezi každou variantou o ploše 4 m² byl začleněn izolační pás o šířce 1 m. Ze středu plochy pokusné varianty byla za účelem stanovení produkce pěstovaných plodin sklízena plocha 1 m².

Použité metody

1. Sledování aktuálního obsahu nitrátů v půdě pomocí Šenkýřovy nitrátové elektrody při využití referenční merkurisulfátové elektrody CRYTUR RME 121
2. Biodegradace ropných produktů v půdě v průběhu vegetace v letech 1995 a 1996; hodnocení na základě analýzy nasycených uhlovodíků plynovým chromatografem a stanovením nepolárních extrahovatelných látek (NEL)
3. Produkce sklizené biomasy pokusných plodin senážního ovsa a ozimého žita v sušině (po přepočtu v t.ha⁻¹)

VÝSLEDKY

Intenzita půdní nitrifikace, hodnocená jako obsah nitrátového dusíku v půdě (tab. I), dosáhla nejvyšší úrovně po hnojení kejdou prasat (KE). Při srovnání s kontrolní variantou se obsah nitrátového dusíku v průběhu vegetace senážního ovsa po hnojení kejdou zvýšil v rozmezí 219,3 až 530,5 %. U půdy kontaminované olejem a naftou (OL + NA) došlo vzhledem ke kontrolní variantě k jejich významnému snížení, které se u varianty OL pohybovalo bez posledního zjištění v rozmezí 59,1 až 81,5 % a u varianty NA v rozmezí 76,9 až 90,4 %. Aplikace kejdy na kontaminovanou půdu (OL + KE, NA + KE) negativní vliv oleje a nafty na půdní nitrifikaci výrazně omezila. Oproti variantě OL se obsah nitrátového dusíku na variantě OL + KE zvýšil o 82,8 až 1251,0 %, u varianty NA + KE ve srovnání s variantou NA o 216,0 až 445,7 %.

V průběhu vegetace následně plodiny ozimého žita na zelené krmení se aktuální obsah nitrátů v půdě oproti kontrole zvýšil méně výrazně. Stejně tak jeho snížení na půdě kontaminované olejem a naftou bylo nižší,

I. Aktuální obsah nitrátů v půdě (mg.100 g⁻¹ sušiny zeminy) – Actual content of nitrates in soil (mg.100 g⁻¹ of dry matter of soil)

Varianta ¹	Datum odběru ²				
	2. 5. 1995	15. 5. 1995	10. 7. 1995	10. 10. 1995	30. 5. 1996
Kontrola ³	2,98	5,40	1,08	9,88	12,18
KE	18,79	17,24	4,60	10,19	12,82
OL	1,22	1,00	1,40	8,18	11,81
OL + KE	11,88	13,51	2,56	12,53	15,02
NA	0,35	0,52	0,25	8,34	12,07
NA + KE	1,91	2,03	0,79	12,83	13,89

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

KE – hnojení kejdou – slurry application

OL – kontaminace půdy olejem – soil contamination with oil

NA – kontaminace půdy naftou – soil contamination with crude oil

NEL – nepolární extrahovatelné látky – nonpolar extractable substances

¹variant, ²sampling date, ³control

II. Průměrné hodnoty poměru C17 : pristanu – Average values of ratio C17 : pristan

Varianta ¹	Datum odběru ²				
	2. 5. 1995	15. 5. 1995	10. 7. 1995	10. 10. 1995	30. 5. 1996
OL	0,882	0,645	0,294	0,670	0,440
OL + KE	0,632	0,727	0,540	0,604	0,450
NA	1,542	1,182	1,224	0,839	0,540
NA + KE	1,040	1,045	0,753	0,556	0,410

¹variant, ²sampling date

v prvním případě činilo 17,3 a 3,0 %, ve druhém 15,6 a 0,9 %. Hnojení kejdou u kontaminované půdy oběma ropnými produkty pokles obsahu nitrátů oproti kontrole již zcela vyloučilo, jeho obsah se v obou případech dokonce zvýšil.

Biodegradace oleje a nafty v půdě byla hodnocena na základě výsledků analýzy frakce nasycených uhlovodíků v půdních vzorcích, odebraných v letech 1995 a 1996 během vegetačního období v pěti časových termínech. Jako vhodný ukazatel biodegradace byly použity hodnoty poměru uhlovodíku n-heptadekanu ku pristanu (C17/pri) a n-oktadekanu ku fytanu (C18/fy). Při platnosti nepřímého úměrného vztahu mezi poklesem hodnot uvedených poměrů a úrovní biodegradace se aplikace kejdy projevila na odstranění ropných produktů z půdy pozitivně. Zejména působnost kejdy na biodegradaci nafty byla za celé sledované období zcela jednoznačná (tab. II a III).

Závazným ukazatelem pro hodnocení znečištění půdního prostředí ropnými produkty je celkový obsah nepolárních extrahovatelných látek v půdě (NEL). S pokračující biodegradací obsah těchto látek v půdě klesá. Na základě dosažených výsledků lze potvrdit významné snížení obsahu NEL v kontaminované půdě olejem a naftou vlivem aplikované kejdy prasat. Zatímco se za přítomnosti nafty obsah NEL v půdě v čase postupně snižoval, v případě oleje došlo k významnému úbytku NEL až ke konci vegetačního období ozi-

mého žita. Znečištění půdního prostředí ropnými produkty olejem a naftou na pokusných variantách a ve sledovaném období dokumentují údaje v tab. IV, stejně tak i provedená regresní analýza obsahu NEL v půdě (tab. V), graficky vyjádřená na obr. 1 a 2.

U pokusných variant byla hodnocena produkce skližené biomasy v sušině, která u obou pěstovaných plodin vykazovala stejnou tendenci. Nejvyšší výnos sušiny poskytla varianta bez kontaminace půdy olejem a naftou, hnojená kejdou prasat (KE), na které se při srovnání s kontrolou projevil hnojivý účinek kejdy. Kontaminace půdy olejem a naftou (OL + NA), vykazovala v porovnání s kontrolou významný pokles produkce biomasy senážního ovsa i ozimého žita na zelené krmení, přičemž nejnižší úroveň byla dosažena na půdě kontaminované naftou (NA). Aplikace kejdy na variantách s půdou kontaminovanou ropnými produkty (OL + KE, NA + KE) významně snížila negativní účinek oleje a nafty na produkci sušiny obou pěstovaných plodin. Dosažené výsledky v produkci sušiny a jejich vzájemné srovnání u pokusných variant v procentuálním vyjádření uvádí tab. VI.

DISKUSE

Jednou z možností, která by mohla zintenzivnit činnost půdních mikroorganismů, a tím i urychlit biode-

III. Průměrné hodnoty poměru C18 : fytanu – Average values of ratio C18 : phytane

Varianta ¹	Datum odběru ²				
	2. 5. 1995	15. 5. 1995	10. 7. 1995	10. 10. 1995	30. 5. 1996
OL	0,541	0,346	0,125	0,425	0,400
OL + KE	0,328	0,379	0,193	0,390	0,380
NA	1,032	0,815	0,939	0,566	0,450
NA + KE	0,686	0,706	0,500	0,390	0,340

¹variant, ²sampling date

IV. Průměrný obsah nepolárních extrahovaných látek (NEL) v půdě (mg.kg⁻¹) – Average content of nonpolar extracted substances (NEL) in soil (mg.kg⁻¹)

Varianta ¹	Datum odběru ²				
	2. 5. 1995	15. 5. 1995	10. 7. 1995	10. 10. 1995	30. 5. 1996
Kontrola ³	28	16	28	43	23
KE	66	43	23	151	58
OL	16 957	24 027	42 650	5 232	2 038
OL + KE	18 316	20 643	25 020	3 822	1 017
NA	16107	15 713	12 090	2 718	1 010
NA + KE	12 390	11 073	7 983	2 447	96

¹variant, ²sampling date, ³control

V. Parametry regresních funkcí – Parameters of regression functions

Varianta ¹	Polynom ²	Index korelace ³ $I_{NEL,T}$
N	$NEL = 0,1423T^2 - 98,2T + 17 649$	0,907
NA + KE	$NEL = 0,10807T^2 - 73,7T + 12 915$	0,940
OL *	$NEL = -4,4937T^2 + 747,3T + 9 770$	0,978
OL + KE *	$NEL = -0,8047T^2 + 25,0T + 22 752$	0,858

* Regresní funkce platí pouze pro první čtyři odběry vzorků půdy. Z hlediska časové osy (nezávisle proměnné) jsou změny hodnot NEL od doby čtvrtého odběru nevýznamné (obr. 1).

* Regression functions can be only applied to the first four soil samplings. In view of the time axis (independently on variable) changes of NEL values to the time of the fourth sampling are insignificant (Fig. 1).

¹variant, ²polynomial, ³correlation index

gradaci ropných látek v půdě, je hnojení kejdou. V tomto případě by kejda představovala nejen hodnotné organominerální hnojivo, což prokazuje Škarda (1982), ale i vhodný prostředek pro stimulaci mikrobiální činnosti půdy. Apfenthaler (1975) uvádí, že schopnost kejdy zvyšovat intenzitu činnosti půdních mikrobů spočívá v její vlastní vysoké biologické aktivitě, dále pak v úzkém poměru v kejdě obsaženého uhlíku a dusíku. Např. v kejdě prasat se poměr C : N pohybuje nejčastěji v rozmezí hodnot 4 až 8 : 1, což ukazuje na relativní nadbytek využitelného dusíku. Kejdou prasat tak přichází do půdy nejenom organická hmota, která pro půdní mikroby představuje vhodný energetický substrát, ale i dostatek dusíku k syntéze

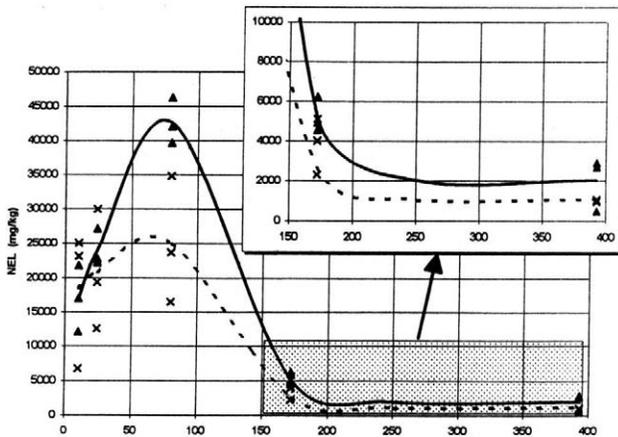
mikrobiální plazmy. Po hnojení kejdou dochází proto k rozvoji činnosti půdních mikrobů, kterou např. potvrzuje Římovský (1989).

Uváděné skutečnosti vedly k myšlence odstranit škodlivost ropných látek v půdě urychlením jejich biodegradace. K tomuto účelu použili Bauer, Římovský (1995) jako stimulační médium kejdu prasat.

Výsledky získané v modelových pokusech v letech 1995 a 1996 potvrdily po hnojení kejdou prasat nejen zvýšení aktuálního obsahu nitrátů, ale i pozitivní vliv kejdy na biodegradaci ropných produktů v půdě, což odpovídá i některým poznatkům z literatury (Aggarwal, Hlinčee, 1991).

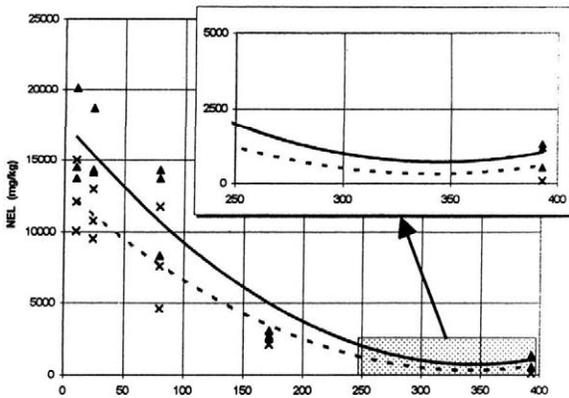
Vlastní průběh biodegradace převodového oleje a motorové nafty byl sledován pomocí hodnot poměrů uhlovodíků n-heptadekanu ku pristanu a n-oktadekanu ku fytanu. Hodnoty těchto parametrů (tab. II a III) prokazují významnou biodegradaci sledovaných ropných produktů v půdě vlivem aplikované kejdy prasat již v prvním roce po kontaminaci půdy olejem a naftou. Také obsahy NEL v půdě (tab. IV) potvrzují biologické odbourání škodlivých látek z půdy, stimulované použitou kejdou prasat. Vhodnost zvolených metodických postupů pro sledování biodegradace ropných látek v půdě potvrdili Toul (1994) a Linhartová (1996).

Průběhu biodegradace ropných látek v půdě odpovídá produkce sušiny sklizené biomasy senážního ovsa a ozimého žita na zelené krmení. Počáteční výrazný pokles produkce sklizené sušiny senážního ovsa po kontaminaci půdy převodovým olejem a motorovou naftou se urychlením jejich biodegradace po aplikaci kejdy prasat postupně snižoval. U následně pěstované-



1. Změny obsahu NEL v půdě od doby její kontaminace olejem (grafické zpracování metodou SPLINE) – Changes of NEL content in soil from the time of its contamination with oil (graphic processing by the SPLINE method)

▲ olej – oil
 × olej + kejda – oil + slurry
 osa x: dny – x axis: days



2. Změny obsahu NEL v půdě od doby její kontaminace naftou – Changes of NEL content in soil from the time of its contamination with crude oil

▲ nafta – crude oil
 × nafta + kejda – crude oil + slurry
 osa x: dny – x axis: days

VI. Produkce sušiny ovesa (1995) a žita na zelené krmění (1996) – Dry matter production of oat (1995) and green forage rye (1996)

Varianta ¹	Oves ²			Žito ³		
	t.ha ⁻¹	index ⁵ (%)	rozdíl ⁶ (± %)	t.ha ⁻¹	index (%)	rozdíl (± %)
Kontrola ⁴	9,12	100,00	–	6,80	100,00	–
KE	12,51	137,17	+37,17	8,08	118,82	+18,82
OL	6,83	74,89	–25,11	6,00	88,24	–11,76
OL + KE	8,45	92,65	–7,35	6,78	99,71	–0,29
NA	5,31	58,22	–41,78	5,75	84,56	–15,44
NA + KE	6,80	74,56	–25,44	7,42	109,12	+9,12

¹variant, ²oat, ³rye, ⁴control, ⁵index, ⁶difference

ho ozimého žita nebyl zaznamenán oproti půdě kontaminované již tak významný rozdíl. Tendenci postupného zvyšování produkce sušiny u pěstovaných plodin v přímé závislosti na intenzitě biodegradace ropných látek v půdě vlivem použité kejdy prasat dokládají údaje v tab. VI.

Finanční prostředky potřebné pro založení, sledování a zajišťování potřebných analýz vzorků půdy byly čerpány z GA ČR na schválený projekt č. 504/95/1216.

LITERATURA

- AGGARWAL, P. K. – HLINCHEE, R. E.: Monitoring in situ biodegradation of hydrocarbons by using stable carbon isotopes. *Envir. Sci. Technol.*, 25, 1991: 1178–1180.
- APFELTHALER, R.: Indikace mikrobiálních a biochemických přeměn v půdě při hnojení kejdou prasat. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1975. 48 s.
- BAUER, F. – ŘÍMOVSKÝ, K.: Využití kejdy k biologické degradaci ropných produktů v půdě. [Dílčí zpráva.] Brno 1995. 15 s.
- GOUGH, M. A. – RHEAD, M. M. – ROWLAND, S. J.: Biodegradation studies of unsolved complex mixtures of hydrocarbons. *Org. Geochem.*, 18, 1992 (1): 17–22.
- JOBSON, A. – COOK, F. D. – WESTLAKE, D. W. S.: Microbial utilization of crude oil. *Appl. Microbiol.*, 23, 1972: 1082–1089.
- LINHARTOVÁ, M.: Změny v chemickém složení ropných produktů v půdě během jejich rozkladu. Pracovní materiály. Brno, ČGÚ 1996. 5 s.
- RAUSCHEROVÁ, L.: Biodegradace motorové nafty v půdě. In: Sbor. Konf. VII. dny rostlinné fyziologie, Nitra, 1995.
- ŘÍMOVSKÝ, K.: Využití kejdy prasat k přímému hnojení a její působení na půdu a rostliny. [Doktorská dizertace.] Brno, VŠZ 1989. 287 s.
- ŠKARDA, M.: Hospodaření organickými hnojivy. Praha, SZN 1982. 324 s.
- TOUL, J.: Stanovení celkových a nepolárních extrahovatelných látek v půdách. *Metodický list*. Brno, ČGÚ 1994.

Došlo 19. 12. 1997

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Karel Ř í m o v s k ý, DrSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 33 01, fax: 05/45 21 20 44

ŠTÚDIUM FORIEM VIAZANIA VYBRANÝCH ŤAŽKÝCH KOVOV V PÔDE KARBONÁTOVÉHO TYPU

STUDY OF SELECTED HEAVY METALS BINDING FORMS IN CARBONATE-TYPE SOIL

E. Kozáková, J. Kandráč

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

ABSTRACT: Binding forms (speciation) of selected heavy metals Cu, Pb, Cd and Ni were studied in carbonate-type soil. These metals occur in soils in various forms influencing their mobility and plant availability. That is why the distribution of mentioned heavy metals between the inorganic and organic parts of soil was studied. A sequential fractionation procedure (Fig. 1) was carried out to isolate various organic substances from the studied soil. Stripping voltammetry in various modes was used to determine low and trace contents of the mentioned metals in the solid soil fractionation residues. The Cu content bound to the humic substances was 47% (Tab. IV and Fig. 2). The occluded Cu forms represented 41%, the residual form of Cu was 12%. In comparison with Cu, Pb and Ni have a minor ability to form complexes with humic substances. This fact was confirmed by the determination of their distribution between the studied soil sample fractions; 35% of Pb and 21% of Ni were bound to the humic substances. The occluded form of Pb was 49%, the same form of Ni represented 45%. 18% of the total Ni occurs in carbonates and/or basic salts. Cu, Pb and Cd do not occur in that form. The major part of Cd (65%) was bound to the humic substances. Residual form of Pb and Ni (bound in lattices of primary and secondary clays) was the same – 14% of their total content.

heavy metals Cu, Pb, Cd, Ni; speciation; carbonate-type soil

ABSTRAKT: Boli študované formy viazania (špeciácia) vybraných ťažkých kovov Cu, Pb, Cd a Ni v pôde karbonátového typu s cieľom využiť tieto poznatky pri tvorbe a ochrane životného prostredia, najmä z hľadiska prijateľnosti príslušných kovov rastlinami. Je prezentovaná jedna z možností takéhoto štúdia s využitím kombinácie sekvenčnej frakcionácie pôdy a následným voltamperometrickým stanovením obsahu kovu v príslušnom pôdnom zvyšku. Zistil sa podiel z celkového obsahu príslušného kovu v pôde viazaného na organickú časť pôdy, ako aj podiely okludovaných a reziduálnych foriem kovov. Obsahy kovov získané úplnými rozkladmi jednotlivých pôdnych frakcií sa porovnávali s ich substechiometrickými obsahmi, ktoré sa získali analýzou výluhov pôdnych frakcií do 2M HNO₃.

ťažké kovy Cu, Pb, Cd, Ni; špeciácia; karbonátová černoziem

ÚVOD

Jedným zo stále aktuálnych problémov analytickej chémie v ekologickej praxi je štúdium polutantov v pôde. K anorganickým polutantom patria aj ťažké kovy, ako je Cd, Cu, Pb, Ni a ďalšie. Tieto kovy sa vyskytujú v pôde v rôznych chemických aj fyzikálnych formách, ktoré sa vyznačujú svojou identitou. Diverzita identít foriem kovov súvisí nielen s ich fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami, ale zároveň aj s vlastnosťami anorganickej a organickej časti pôdy.

S charakterom týchto identít súvisí chovanie sa jednotlivých kovov v pôde. Ide najmä o ich lokálnu kumuláciu, petrifikáciu, transport do spodnej vody, koextrakciu rôznymi rozpúšťadlami, ich prijateľnosť rastlinami, a tým aj o ich transport do potravinového reťazca. Rovnaké celkové obsahy toho istého kovu v rôznych pôdnych typoch nemusia viesť k rovnakým

pozitívnym či negatívnym dôsledkom, ktoré vyplývajú z ich prítomnosti v daných pôdach. Preto majú omnoho väčšiu informačnú hodnotu analytické výsledky, ktoré sa týkajú konkrétnych foriem (špeciácie) daného kovu v pôdach, ako analytické výsledky vyjadrujúce jeho celkový obsah.

Z environmentálneho hľadiska zohrávajú významnú úlohu také formy kovov v pôdach, ktoré sú prístupné rastlinným koreňom. Problém foriem kovov prístupných rastlinám úzko súvisí s problémom štúdia ich existenčných foriem v pôdach, čo zároveň vedie k riešeniu možnosti vstupu kovov do potravinového reťazca. Pri riešení tohto problému zohrávajú významnú úlohu okrem voľných iónov príslušného kovu aj formy kovu viazané do komplexov s organickou časťou pôdy (Schwab, Lindsay, 1983). Tieto skutočnosti boli podnetom pre našu prácu, v ktorej sú uvedené možnosti využitia sekvenčnej frakcionácie organickej časti pôdy

(Pierce, Felbeck, 1975) na štúdium foriem súčasne extrahovaných alebo nevyľuhovaných kovov v príslušnom frakcionačnom kroku. Dosažené výsledky tvoria zároveň základ pre ďalšie štúdium foriem kovov dostupných pre rastliny s možnosťou korelovať anorganicky a organicky viazanú formu kovu s jeho obsahom v rastlinnom organizme.

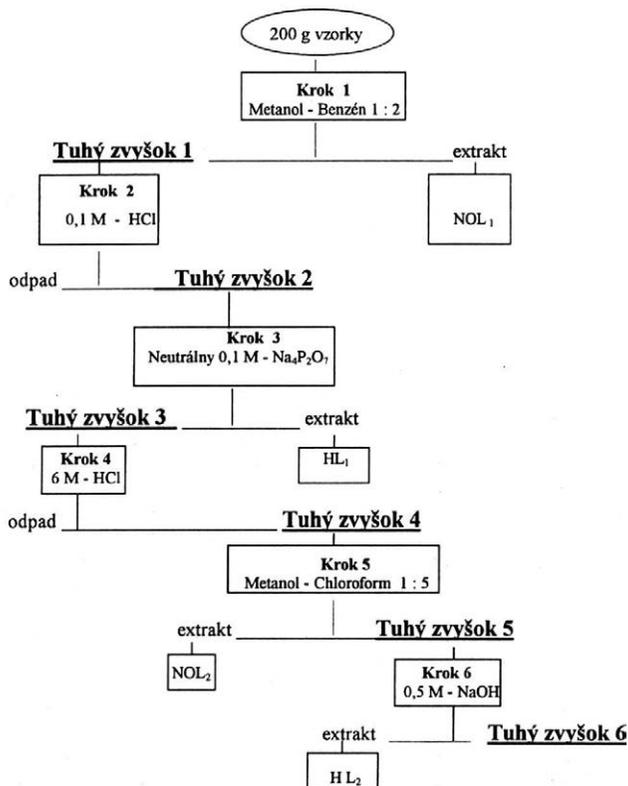
MATERIÁL A METÓDA

Ako modelová pôda bola zvolená karbonátová černozem z oblasti Trnavy (Majcichov), odobraná a dodaná Výskumným ústavom pôdozvedectva a výživy rastlín v Bratislave. Na množstvo a formy Cu, Pb, Cd a Ni v študovanej pôde sa usúdilo z meraného voltampetro-metrickeho (VA) signálu príslušného kovu, získaného analýzou pôvodnej pôdy a jednotlivých pôdnych zvyškov izolovaných v šiestich postupných frakcionačných krokoch. Výsledky podrobného štúdia optimalizácie podmienok voltampetro-metrickeho stanovenia študovaných kovov, použité prístroje, chemikálie a pracovné postupy pre dané vzorky sú uvedené v našich skôr publikovaných prácach (Kozáková et al., 1996a, b). Obsah jednotlivých kovov sa stanovili vo všetkých

vzorkách po ich úplnom rozklade, ako aj v ich výluchoch do 2M HNO₃.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Sekvenčný postup frakcionácie pôdy (Pierce, Felbeck, 1976) je znázornený schémou na obr. 1. Pôvodná pôda je pri frakciách označená ako 0. frakcia. Prvý pôdny zvyšok (tuhý zvyšok 1) sa získal po extrakcii nehumínových organických látok (NOL₁). Druhý pôdny zvyšok (tuhý zvyšok 2) sa dosiahol po dekarbonizácii tuhého zvyšku 1. Tretí pôdny zvyšok (tuhý zvyšok 3) sa získal po extrakcii tuhého zvyšku 2 pomocou neutrálneho 0,1M Na₄P₂O₇. Štvrtý pôdny zvyšok (tuhý zvyšok 4) sa získal tým, že tuhý zvyšok 3 sa podrobil kyslej hydrolýze (6M HCl). Piaty pôdny zvyšok bol izolovaný po Soxhletovej extrakcii tuhého zvyšku 4 a je označený ako tuhý zvyšok 5. Extrakciu tuhého zvyšku 5 s 0,5M NaOH sa získal šiesty pôdny zvyšok označený ako tuhý zvyšok 6. Celkovo sa analyzovalo 14 roztokov získaných jednak úplným rozkladom pôvodnej pôdy a tuhých pôdnych zvyškov, jednak vyľuhovaním pôdy a pôdnych zvyškov s 2M HNO₃. Bolo uskutočnených päť paralelných meraní v roztokoch po



1. Schéma sekvenčnej frakcionácie pôdy – Scheme of sequential fractionation of the soil

vzorka – sample
krok – step
tuhý zvyšok – solid residue
odpad – waste
extract – extract

I. Obsahy kovov v tuhých fázach po úplnom rozklade pôdy a pôdných zvyškov – Contents of metals in solid phases after total decomposition of soil and solid fractionation residues

Tuhý zvyšok ¹	L _{1,2} (mg.kg ⁻¹)				s _r (%)			
	Cu	Pb	Cd	Ni	Cu	Pb	Cd	Ni
0	35,64 ± 3,06	29,69 ± 3,06	0,37 ± 0,03	42,38 ± 2,63	9,61	11,56	3,93	3,28
1	36,60 ± 2,01	31,17 ± 0,58	0,39 ± 0,04	41,91 ± 2,53	2,50	0,85	4,24	5,09
2	43,11 ± 3,79	36,09 ± 2,32	0,58 ± 0,03	34,10 ± 2,36	4,64	7,19	2,20	5,82
3	25,97 ± 2,03	28,29 ± 2,83	0,20 ± 0,08	27,23 ± 1,25	3,55	4,55	17,25	3,87
4	7,89 ± 0,27	10,60 ± 2,33	0,05 ± 0,02	8,38 ± 3,20	1,83	11,62	19,02	20,27
5	8,25 ± 2,13	9,80 ± 1,44	0,07 ± 0,02	8,05 ± 0,43	13,64	7,77	21,68	4,39
6	5,20 ± 0,87	5,15 ± 1,70	< DL	5,94 ± 0,99	7,57	17,49	–	8,80

DL – medza detekcie – limit of detection

¹solid residue

II. Obsahy kovov stanovených vo vyluhoch pôdy a pôdných zvyškov v 2M HNO₃ a ich podiel (%) z celkového obsahu kovu vo vzorke – Contents of metals determined in soil and in solid fractionation residues after the extraction with 2M HNO₃ and their mass fractions (%) from total metal contents

Tuhý zvyšok ¹	Obsah kovu x (mg.kg ⁻¹) a s _r (%) jeho stanovenia ²								Podiel extrahovanej formy kovu z celkového obsahu ³ (%)			
	Cu		Pb		Cd		Ni		Cu	Pb	Cd	Ni
	x	s _r	x	s _r	x	s _r	x	s _r				
0	10,79	10,10	13,06	1,02	0,088	5,25	20,96	1,78	30,27	43,99	24,04	49,46
1	13,21	7,24	15,58	2,50	0,106	22,51	21,45	4,25	36,09	49,98	26,97	51,18
2	15,90	0,56	18,81	6,64	< DL	–	13,78	3,86	36,88	52,12	–	40,41
3	10,17	10,27	10,72	11,37	< DL	–	8,70	1,27	39,16	37,89	–	31,95
4	1,15	7,76	0,25	2,32	< DL	–	0,13	10,57	14,56	2,32	–	1,58
5	1,63	1,52	0,57	64,52	< DL	–	0,20	2,45	19,81	5,80	–	2,45
6	0,64	9,19	0,09	18,77	< DL	–	< DL	–	12,36	1,69	–	–

DL – medza detekcie – limit of detection

¹solid residue, ²content of metal x and s_r of its determination, ³percentage of extracted form from the total content

celkových rozkladoch vzoriek a po dvoch meraniach vo vyluhoch v 2M HNO₃. Presnosť výsledkov bola vyjadrená relatívnou smerodajnou odchýlkou, výsledky z úplných rozkladov aj intervalom spoľahlivosti. Výsledky sú zhrnuté v tab. I a II.

Tabelované hodnoty vyjadrujú obsahy študovaných kovov, ktoré zostávajú v príslušných pôdných zvyškoch po jednotlivých frakcionáčnych krokoch. Rozdiely v obsahoch kovov v susedných frakciách signalizujú také obsahy kovov, ktoré sa príslušným frakcionáčnym krokom uvoľňujú, alebo kumulujú v pôdnej matici spolu s príslušnou frakciou pôdy.

V tab. III sú uvedené percentuálne úbytky hmotnosti tuhej fázy a oxidovateľného uhlíka v príslušnej fáze pri jednotlivých frakcionáčnych krokoch. Údaje v stĺpci ΔC/Δm (tab. III) vyjadrujú percentuálny pokles oxidovateľného uhlíka pripadajúci na 1% pokles hmotnosti pôdy či pôdneho zvyšku, ktorý nastáva v dôsledku príslušného frakcionáčného kroku. Z údajov je zrejmé, že úbytok uhlíka je omnoho vyšší pri frakcionáčnych krokoch 1, 3, 5 ako pri krokoch 2 a 4, kde prevládajú vo vyluhu anorganické zlúčeniny. Ak sa súčasne vylúhujú

príslušný kov v danom frakcionáčnom kroku, znamená to, že bol viazaný na zlúčeniny, ktoré sa v danom kroku extrahujú či už priamo alebo po rozklade.

Z údajov uvedených v tab. I je možné vyjadriť percentuálny pokles kovu po jednotlivých frakcionáčnych krokoch, ak sa za základ berie maximálny obsah kovu. Z uvedeného poklesu je možné odhadnúť, aký podiel kovu bol viazaný uvoľnenou frakciou pôdy, a tým získať predstavu o jeho existenčnej forme v danej pôde. Vypočítané údaje pre jednotlivé kovy sú zhrnuté v tab. IV, z ktorej vyplýva, že prvým frakcionáčnym krokom sa neuvoľňuje ani jeden zo študovaných kovov. Rozdiely v stanovených obsahoch kovov v pôvodnej pôde a v prvom pôdnom zvyšku nie sú na základe U-testu (Eckeschlager et al., 1980) štatisticky významné. Študované kovy nie sú teda viazané v danej pôde na organické látky NOL₁, prevažne nehumínového charakteru, ktoré sa vylúhujú rozpúšťadlovou sústavou použitou v kroku 1. S výnimkou Ni je u ostatných kovov podobná situácia aj pri kroku 2. Pôsobením 0,1M HCl sa uvoľňujú uhličitany, prípadne aj iné soli, ktoré sa zriedenou HCl rozkladajú. Cu, Pb a Cd sa

III. Úbytky hmotnosti tuhej fázy a ich oxidovateľného uhlíka (%) po jednotlivých frakcionačných krokoch – Decrease of mass of solid phase and oxidizable carbon (%) after separate fractionation steps

Frakcionačný krok ¹	Úbytok hmotnosti ² (%)	Úbytok C ³ (%)	$\Delta C/\Delta m$
1	0,44	0,03	0,07
2	1,56	0,04	0,03
3	10,78	0,73	0,07
4	9,44	0,28	0,03
5	0,56	0,04	0,07
6	8,00	0,56	0,07

Oxidovateľný C v pôdnej vzorke a pôdnych zvyškoch bol stanovený podľa publikovanej metodiky (H r a š k o a kol., 1962) – Oxidizable C in soil sample and soil residues was determined after the published methodology (H r a š k o et al., 1962)

¹fractionation step, ²decrease of mass, ³decrease of C

Porovnatel'ny' je úbytok Cu, Pb a Ni v tuhom zvyšku 4 v prípade realizácie kyslej hydrolyzy. Údaj o Cd sa neuvádza, pretože koncentračná úroveň Cd v tomto zvyšku bola už pod detekčným limitom (DL) metódy (tab. I a II), čo malo za následok veľkú chybu pri stanovení jeho obsahu v tomto a aj v ďalších tuhých zvyškoch.

Pri frakcionačnom kroku 4, realizovanom kyslou hydrolyzou, je podľa výsledkov v tab. III pri veľkom úbytku hmotnosti tuhej fázy relatívne malý percentuálny úbytok oxidovateľného uhlíka, čo signalizuje, že hmotnostný úbytok v tomto kroku v prevažnej miere súvisí s uvoľňovaním anorganických zlúčenín príslušných kovov. Pri tomto frakcionačnom kroku dochádza k narušeniu anorganického skeletu príslušnej pôdy, v dôsledku čoho sa uvoľnia kovové anorganické zlúčeniny (prevažne oxidy Fe a Mn), ktoré prechádzajú do

IV. Existenčné formy Cu, Pb, Cd a Ni v pôde karbonátového typu (%) stanovené voltamperometrickou analýzou tuhých zvyškov po sekvenčnej frakcionácii pôdy – Binding forms of Cu, Pb, Cd and Ni in carbonate-type soil (%) determined using stripping voltammetry after sequential fractionation procedure of the soil

Frakcionačný krok ¹	Existenčná forma ²	Cu	Pb	Cd	Ni
Soxhletova extrakcia ³ (CH ₃ OH–benzén)	väzba na ⁴ NOL ₁	0	0	0	0
Dekarbonizácia ⁴ (0,1M HCl)	uhlícitany a ďalšie rozložiteľné soli ⁹	0	0	0	18,43
Uvoľnenie ⁵ HL ₁ (0,1M Na ₄ P ₂ O ₇)	cheláty s ¹⁰ HL ₁	39,75	21,61	65,52	16,21
Kyslá hydrolyza ⁶ (6M HCl)	okludovaná (väzba na oxidy Fe a Mn) ¹¹	41,94	49,02	–	44,48
Soxhletova extrakcia (CH ₃ OH–CHCl ₃)	väzba na NOL ₂	0	0	–	0
Uvoľnenie HL ₂ (0,5M NaOH)	cheláty s HL ₂	6,23	12,88	–	4,98
Analýza tuhej fázy ⁷	reziduálna ¹²	12,06	14,27	–	14,02

¹fractionation step, ²existence form, ³Soxhlet's extraction, ⁴decarbonization, ⁵release of, ⁶acid hydrolysis, ⁷analysis of solid phase, ⁸bond to, ⁹carbonates and other decomposable salts, ¹⁰chelates with, ¹¹occluded (bond to Fe and Mn oxides), ¹²residual

v danej pôde nevyskytujú vo forme takýchto solí, preto zostávajú v tuhej fáze, kde sa zakonzervujú. Výsledky analýz tuhých zvyškov 2 pre tieto kovy sú preto štatisticky významne vyššie ako výsledky analýz kovov v pôvodnej pôde. V prípade Ni 18,43 % z jeho celkového obsahu sa týmto frakcionačným krokom vylúhuje do roztoku. V danej pôde sa teda Ni vyskytuje v takomto zastúpení vo forme uhlícitanov a zásaditých solí, relatívne ľahko uvoľniteľných, a tým rastlinám prístupných.

K výrazným úbytkom všetkých kovov dochádza v krokoch 3 a 4. Veľkosť úbytku v kroku 3 klesá v poradí: Cd > Cu > Pb > Ni. Uvedené poradie zodpovedá poradiu logaritmickej hodnôt konštant stability pyrofosforečnanových komplexov týchto kovov (Kotrly, Šucha, 1988): Cd (8,7) > Cu (7,6) > Pb (7,3) > Ni (5,9).

Táto skutočnosť zároveň podporuje predstavu o mechanizme frakcionačného kroku 3, založeného na prechode humínových a fulvo-komplexov príslušných kovov na ich rozpustné pyrofosforečnanové komplexy a na súčasnom vytvorení sodných humátov a fulvátov, rozpustných vo vode (HL₁). Do extraktu sa teda v kroku 3 dostanú okrem sodných humátov a fulvátov aj príslušné kovy pôvodne viazané na HL₁.

vodného roztoku spolu s časťou okludovaných foriem študovaných kovov. Organické zlúčeniny príslušných kovov pôvodne viazané na oxidy Fe a Mn, prechádzajú do roztoku vo frakcionačných krokoch 5 a 6.

Frakcionačným krokom 5 nedochádza k vylúhovaniu študovaných kovov do roztoku. Uvoľňované nehumínové organické látky NOL₂ teda neviažu Cu, Pb a Ni v danej pôde.

V poslednom frakcionačnom kroku (pôsobenie 0,5M NaOH) sa uvoľňujú humínové látky HL₂ a zároveň s nimi sa uvoľňujú aj príslušné kovy. Percentuálny úbytok kovov po tomto kroku je nízky v porovnaní s úbytkom kovov uvoľnených po izolácii HL₁.

Analýzou tuhej zvyšku 6 sa získali údaje pre tzv. reziduálne obsahy kovov, viazané v mriežkach primárnych a sekundárnych minerálov nachádzajúcich sa v príslušnej pôde. Reziduálne obsahy Pb a Ni sú porovnateľné. Obsah Cu v reziduálnej forme je nižší.

Výsledky voltamperometrického stanovenia Cu a Ni viazaného na organické látky po sekvenčnej frakcionácii boli porovnané s výsledkami úplne nezávislého stanovenia organicky viazaných kovov v tejto pôde (Žemberyová et al., 1995). Pri tomto nezávislom stanovení sa nepoužila sekvenčná frakcionácia pôdy,

ale iba jej priame vylúhovanie silným chelátotvorným činidlom (EDTA), pričom konečnou metódou stanovenia bola metóda AAS.

Napriek zásadne odlišným analytickým postupom sa dospelo k veľmi dobrej zhode výsledkov obidvoch nezávislých postupov. Pri metóde AAS sa extrakciou s EDTA získalo 38 % organicky viazanej Cu a 19 % organicky viazaného Ni. Pri sekvenčnej frakcionácii a voltamperometrickom stanovení je obsah organicky viazanej Cu a Ni na HL₁ zaokrúhlene 40 a 16 %. Tento výsledok zároveň signalizuje, že pri vylúhovaní pôvodnej pôdy sa uvoľnia najmä tie kovy, ktoré sú viazané na HL₁. Tieto kovy sa môžu vo forme chelátov ľahko dostať do koreňových systémov rastlín. Pravdepodobnosť prechodu kovov viazaných na HL₂ (6 % Cu, 13 % Pb a 5 % Ni) do potravinového reťazca je podstatne nižšia.

Jednotlivé existenčné formy študovaných kovov v analyzovanej pôde na základe výsledkov tejto práce a výsledkov získaných metódou AAS sú prehľadne znázornené histogramami na obr. 2.

Zastúpenie jednotlivých existenčných foriem stanovených kovov je tiež v súlade s literatúrou (B e n e š , P a b i a n o v á , 1987), v ktorej sa uvádza možnosť celkového viazania (suma HL₁ + HL₂) Cu na organické látky v rozmedzí 40 až 65 %, Pb okolo 30 % a Ni okolo 19 %.

Okrem vzoriek z úplného rozkladu pôdy a pôdnych zvyškov sa analyzovali jednotlivé kovy aj v ich výluchoch s 2M HNO₃. Získané údaje sú zhrnuté v tab. II. Skutočnosť, že sa extrahuje pomocou 2M HNO₃ iba

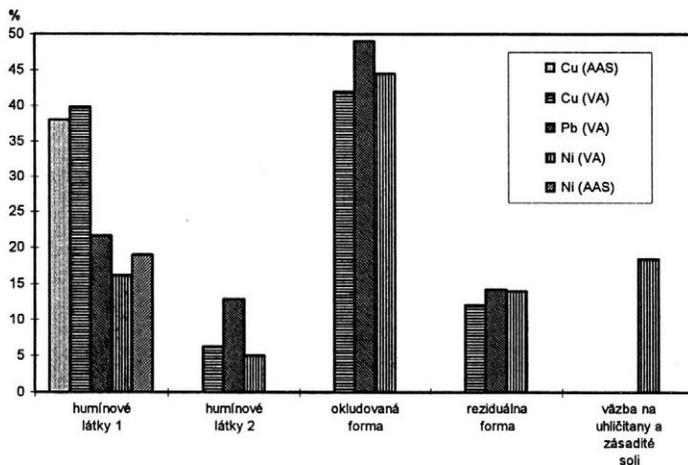
určitá časť kovu tak z pôvodnej pôdy, ako aj z jednotlivých zvyškov, signalizuje, že sa jednotlivé kovy v študovanej pôde nachádzajú v rôznych formách, ktoré s 2M HNO₃ buď prechádzajú do roztoku, alebo zostávajú v tuhých zvyškoch. Rozdielnosť vlastností takýchto foriem má všeobecnejšiu platnosť a prejavuje sa napr. aj v schopnosti kovu penetrovať do rastlinného organizmu.

Údaje z tab. II umožňujú porovnať vylúhovaný podiel daného kovu pomocou 2M HNO₃ z pôvodnej pôdy a jej pôdnych zvyškov a vylúhované podiely rôznych kovov s 2M HNO₃ v tej istej tuhej fáze.

Z tab. II vyplývajú nárasty percentuálnych podielov Cu a Pb vyextrahovaných s 2M HNO₃ z pôvodnej pôdy, z prvého a druhého pôdneho zvyšku. Tento rozdiel možno pripísať frakcionáčnym krokom, pri ktorých dochádza k zakonzentrovaniu kovov v tuhej fáze, a tým aj k ich možnému vyššiemu percentu vylúhovania po extrakcii a dekarbonizácii. U Ni, keďže po dekarbonizácii už nedošlo k jeho zakonzentrovaniu v tuhej fáze, je percento vylúhovateľného Ni vo zvyšku 2 nižšie ako vo zvyškoch 0 a 1.

Podobná je situácia aj v prípade frakcionáčného kroku 5, keď rozpúšťadlová zmes (metanol–chloroform) tiež nemení celkový obsah kovov v pôdnom zvyšku, ale percentuálny podiel kovu, ktorý sa vylúhuje do 2M HNO₃, sa zvyšuje, lebo po extrakcii NOL₂ dochádza k zakonzentrovaniu všetkých kovov.

Analýzou tuhého zvyšku 6 sa potvrdilo, že reziduálne obsahy najmä u Ni a Pb sú veľmi stabilne viazané v mriežkach minerálov, a preto sa ani pomerne koncent-



2. Formy viazania Cu, Pb a Ni v pôde karbonátového typu – Forms of binding Cu, Pb and Ni in carbonate-type soil

osa y: obsah – y axis: content

osa x – x axis:

humínové látky – humic substances

okludovaná forma – occluded form

reziduálna forma – residual form

väzba na uhličitany a zásadité soli – carbonate and/or basic salts bound metal

trovanou 2M HNO₃ neuvofnia. Pri porovnávaní údajov z tab. II horizontálne nemožno robiť rozsiahlejšie závery v dôsledku malého počtu študovaných kovov. Možno však konštatovať, že pri treťom frakcionačnom kroku dochádza k zlomu, pokiaľ ide o poradie podielu vylúhovaného kovu s 2M HNO₃. Percentuálny podiel vylúhovaného kovu z pôvodnej pôdy i z prvého pôdneho zvyšku klesal v poradí: Ni > Pb > Cu > Cd. Po kyslej hydrolyze sa toto poradie mení na opačné: Cu > Pb > Ni, čo potvrdzuje väčšiu afinitu Cu v porovnaní s Pb a Ni k organickej časti pôdy.

LITERATÚRA

BENEŠ, J. – PABIANOVÁ, J.: Pôrodné obsahy, distribúcie a klasifikácie prvků v pôdách. Praha, VŠZ 1987.
ECKSCHLAGER, K. – HORSÁK, I. – KODEJŠ, Z.: Vyhodnocování analytických výsledků a metod. Praha, SNTL 1980.
HRAŠKO, J. a kol.: Rozbory pôd. Bratislava, SVPL 1962.
KOTRLÝ, S. – ŠŮCHA, L.: Chemické rovnováhy v analytickej chemii. Praha, SNTL 1986.

KOZÁKOVÁ, E. – ŠPANKOVÁ, M. – KANDRÁČ, J. – MIKUŠ, P.: Štúdium foriem viazania Ni v pôde karbonátového typu analýzou pôdy a jej zvyškov metódou diferenčne pulzovej adsorptívnej katodickej stripping voltamperometrie. Chem. Listy, 90, 1996a: 324–326.

KOZÁKOVÁ, E. – ŠPANKOVÁ, M. – KANDRÁČ, J. – MIKUŠ, P.: Forms of binding of copper, lead and cadmium in carbonate-type soil studied by differential pulse anodic stripping voltammetry. Chem. Pap., 50, 1996b (6): 334–340.

PIERCE, R. H. Jr. – FELBECK, G. T. Jr.: A comparison of three methods of extracting organic matter from soils and marine sediments, humic substances. In: POVOLEDO, D. – GOLTERMAN, H. L. (eds): Wageningen, Cent. Agric. Publ. Doc. 1975.

SCHWAB, A. P. – LINDSAY, W. J.: Effect of redox on the solubility and availability of iron. Soil Sci. Soc. Amer. J., 47, 1983: 201–205.

ŽEMBERYOVÁ, M. – MOSKÁLOVÁ, M. – GREGOROVÁ, M.: Proc. CANAS' 95 Colloq. Anal. Spectrosc. Konstanz 1995.

Došlo 27. 10. 1997

Kontaktná adresa:

Doc. RNDr. Eva Kozáková, CSc., Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina CH-2, 842 15 Bratislava, Slovenská republika, tel.: 00421 7/60 29 63 44, fax: 00421 7/65 42 53 60

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

POKYNY PRO AUTORY

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

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

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

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 15 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat 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 úbohů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery), k rukopisu je vhodné přiložit disketu s prací pořízenou na PC v některém textovém editoru, nejlépe v T602, a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

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

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

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

Rozšířený souhrn (Abstract) je uveřejňován v angličtině, měl 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 PŠC, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

PLANT PRODUCTION

Volume 44, No. 7

July 1998

CONTENTS

Slavík L., Kopecký J.: Influence of economical irrigation on the yield and quality of hops (in English)	293
Kopecký J., Slavík L., Ježek P.: Production efficiency of trickle irrigation of hop.....	299
Nesvadba V., Beránek F., Krofta K.: The evaluation of yield and alpha-bitter acid content in selected hop varieties (in English)	305
Krofta K., Nesvadba V., Patzak J.: Utilization of wild hops testation for extention of genetic sources for breeding (in English)	313
Wittlingerová Z., Kříž L.: The effect of anthropogenic activities on the chemical properties of groundwaters (in English)	321
Římovský K., Bauer F., Boháček Z., Linhartová M., Toul J.: Effect of pig slurry on increase of biodegradation of petroleum products in soil	325
Kozáková E., Kandráč J.: Study of selected heavy metals binding forms in carbonate-type soil.....	331
REVIEW	
Wittlingerová Z.: Proceedings from the meeting of scientific commission of I.H.G.C. at Žatec.....	298
Barták M.: S. H. Wittwer: Food, climate, and carbon dioxide. The global environment and world food production	304

ROSTLINNÁ VÝROBA

Ročník 44, č. 7

Červenec 1998

OBSAH

Slavík L., Kopecký J.: Vliv úsporných závlah na výnos a kvalitu chmele.....	293
Kopecký J., Slavík L., Ježek P.: Produkční účinnost kapkové závlahy chmele	299
Nesvadba V., Beránek F., Krofta K.: Hodnocení výnosu a obsahu alfa-kojích kyselin u vybraných odrůd chmele.....	305
Krofta K., Nesvadba V., Patzak J.: Využití testace planých chmelů k rozšíření genetických zdrojů pro šlechtění.....	313
Wittlingerová Z., Kříž L.: Vliv antropogenní činnosti na chemické složení podzemních vod.....	321
Římovský K., Bauer F., Boháček Z., Linhartová M., Toul J.: Vliv hnojení kejdou prasat na zvýšení biodegradace ropných produktů v půdě	325
Kozáková E., Kandráč J.: Štúdium foriem viazania vybraných ťažkých kovov v pôde karbonátového typu.....	331
RECENZE	
Wittlingerová Z.: Sborník ze zasedání vědecké komise I.H.G.C. v Žatci.....	298
Barták M.: S. H. Wittwer: Food, climate, and carbon dioxide. The global environment and world food production	304

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

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