



ÚZPI

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

# ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

7

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

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

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

#### Redakční rada – Editorial Board

##### Předseda – Chairman

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

##### Členové – Members

Doc. Ing. Pavol Bajčí, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

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

Doc. Ing. Jozef Cíglar, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ir. Cees van Ouwwerkerk (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren Gm, Nederland)

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

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

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

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

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

Doc. Ing. Miron Suškevič, DrSc. (Odborné poradenství a konzultace, Troubsko u Brna, ČR)

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

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

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

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

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

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

RNDr. Eva Stříbrná

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

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

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

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

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

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

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

**Periodicity:** The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 42 appearing in 1996.

**Acceptance of manuscripts:** Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr. Eva Stříbrná, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 25 41, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

**Subscription information:** Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1996 is 148 USD (Europe), 154 USD (overseas).

# AKTÍVNY HLINÍK A JEHO SÚČASNÝ STAV V PÔDACH SR

## ACTIVE ALUMINIUM AND ITS PRESENT STATE IN SOILS OF SLOVAK REPUBLIC

J. Makovníková, R. Kanianska

*Research Institute of Soil Fertility, Banská Bystrica, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** The study describes the state in the content of active Al in the territory of SR within probes of Partial Monitoring System – soil. The lowest measured value from 61 taken probes was 0.09 mg/100 g, the highest value was measured on KMD in Gelnica, that is 79.9 mg/100 g. The values measured are processed by correlation analysis (negative multiplication dependence between Al content and soil reaction in KCl and positive linear dependence between Al content and  $C_{ox}$  content) and factor analysis which shows 90% possibility to express Al active content as a functional dependence of two factors – pH and  $C_{ox}$ . Toxicity of active Al as determined by coefficient of equivalent relationships  $Al^{3+}/Ca^{2+}$  72% of all investigated samples was over the critical value of this coefficient (0.5).

active aluminium; acidification; toxicity of active aluminium

**ABSTRAKT:** Práca popisuje stav v obsahu aktívneho Al na území SR v rámci sond Čiastkového monitorovacieho systému – pôda. Najnižšia nameraná hodnota z meraných 61 sond bola 0,09 mg/100 g, najvyššiu hodnotu sme namerali na KMD v Gelnici, a to 79,9 mg/100 g. Namerané hodnoty sú spracované korelačnou analýzou (záporná multiplikačná závislosť medzi obsahom Al a pôdnou reakciou pH v KCl a kladná lineárna závislosť medzi obsahom Al a obsahom  $C_{ox}$ ) a faktorovou analýzou, ktorá ukazuje na 90% možnosť vyjadriť obsah aktívneho Al ako funkčnú závislosť dvoch faktorov, a to pH a  $C_{ox}$ . Toxicita aktívneho Al je determinovaná koeficientom ekvivalentných vzťahov  $Al^{3+}/Ca^{2+}$ , nad kritickou hodnotou tohto koeficientu (0,5) sa nachádza 72 % zo sledovaných vzoriek.

aktívny hliník; acidifikácia; toxicita aktívneho hliníka

### ÚVOD

Hliník (Al) je najrozšírenejším kovom v zemskej kôre. Jeho klarkový obsah predstavuje 8,04 mg/kg zemskej kôry. Obsah Al v pôdach sa pohybuje od 1 do 30 mg/kg pôdy. Účinky Al na živé organizmy sú vysoko toxické. U rastlín inhibuje príjem P, obmedzuje rast koreňových vlásočnic, negatívne ovplyvňuje schopnosť rastlín prijímať Ca, Mg, Mn, Zn a hospodárí s nimi, čo má nepriaznivý dopad na celkový zdravotný stav a vývoj rastlín. Jeho akumulácia v ľudskom organizme, hlavne v mozgu, má negatívny vplyv na centrálny nervový systém (Eliender, 1984). V pôde sa vyskytuje vo viacerých formách v závislosti od podmienok prostredia. Hlavným faktorom determinujúcim rozpustnosť Al je pôdna reakcia.

Tento príspevok poukazuje na stav aktívneho Al v pôdach SR, na jeho štatistickú distribúciu a potenciálnu toxicitu pre rastliny, determinovanú koeficientom ekvivalentných vzťahov aktívneho Al a výmenného Ca.

### MATERIÁL A METÓDA

V práci sú použité údaje z monitorovacej siete Čiastkového monitorovacieho systému – pôda (ČMS – P)

zahŕňajúce 286 sond. Systém monitorovania pôd je založený na sieti monitorovacích lokalít s charakterizovanými pedologickými sondami, ktoré reprezentujú všetky najviac zastúpené pôdne typy a subtypy v hlavných klimatických regiónoch SR. Štatistická výdatnosť systému je riešená optimálnou hustotou siete pre celé územie Slovenska v relácii k možnostiam monitoringu, to znamená, že necharakterizuje plošne veľmi tenké, tzv. bodové zdroje znečistenia.

S ohľadom na chemické správanie sa Al v pôdnom roztoku v závislosti od pH sme stanovili aktívny Al podľa Sokolova (pôda sa extrahuje 1N KCl, Al sa vyzráža NaF) v 61 vzorkách z prvého horizontu s pH v KCl menším ako 6.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zlúčeniny Al sa stávajú pohyblivejšími v podmienkach s kyslou a veľmi kyslou pôdnou reakciou (Hanes, 1977, 1988). Po hranicu  $pH/KCl = 5,5$  je dominantnou formou Al v pôdnom roztoku ión  $Al^{3+}$  obklopený šiestimi molekulami vody. S rastúcou hodnotou pH sa ióny Al postupne menia na nerozpustný hydroxid hlinítý. Zlúčeniny Al sa rozpúšťajú aj v silne



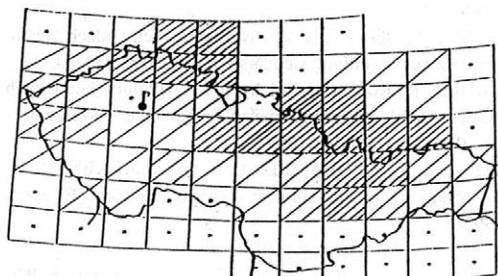
kambizem dystrická s náznakmi podzolovania a kambizem pseudoglejová. Za osobitne zataženú skupinu pôd aktívnym Al pokladáme pôdy podzolové zakyslené, s nízkou nasýtenosťou bázami, kde dochádza k uvoľňovaniu Al z podložia; vzhľadom na slabú kondenzáciu organickej hmoty je Al slabo sorbovaný a jeho veľká časť je v aktívnej forme. Oblasť, kde pozorujeme prítomnosť aktívneho Al v pôdach SR, sú vyznačené na obr. 3. Zhustenie je zjavné najmä v seve-



3. Obsah aktívneho Al v pôdach v A horizonte – Active Al content in soils in A horizon

- aktívny Al nebol zaznamenaný – active Al was not recorded
- + 0–0,1 mg Al/100 g pôdy – 0–0.1 mg Al/100 g of soil
- 0,1–1 mg Al/100 g pôdy – 0.1–1 mg Al/100 g of soil
- ▲ 1–10 mg Al/100 g pôdy – 1–10 mg Al/100 g of soil
- > 10 mg Al/100 g pôdy – > 10 mg Al/100 g of soil

rovýchodnej časti Slovenska, ide väčšinou o kambizeme dystrické, kambizeme pseudoglejové a kambizeme typické kyslé, na zvetralinách kyslých hornín a o podzoly hlavne v oblasti severného Slovenska. Príčinou zvýšeného výskytu aktívneho Al v pôdach je tu v prvom rade substrát, ale nezanedbateľný je aj vplyv kyslých depozít z Poľska (obr. 4) zasahujúcich vo zvýšenej miere práve spomínané oblasti, vplyvom ktorých dochádza k zníženiu pH (KM a PZ sú slabo rezistentné voči acidifikácii), a tým k zvýšenému uvoľňovaniu Al zo substrátu.



- < 1%
- ▨ 1–33%
- ▩ 33–66%
- ▨ > 66%

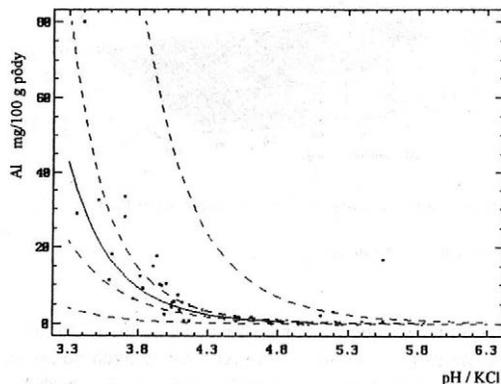
4. Riziko poškodenia lesov v roku 2000 pri redukcii SO<sub>2</sub> o 30 % v Európe – Risk of forest damage in 2000 in 30% reduction of SO<sub>2</sub>

## II. Korelačné koeficienty – Correlation coefficients

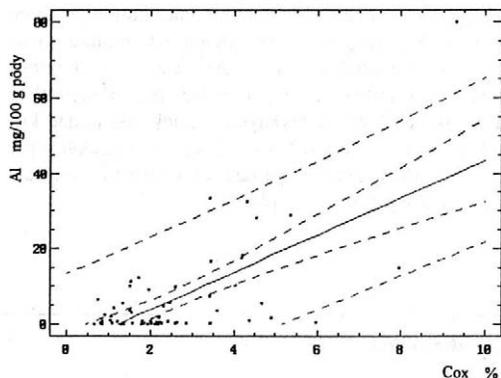
Závislosť <sup>1</sup>	Al/pH v KCl	Al/obsah <sup>3</sup> C <sub>ox</sub>
Korelačný koeficient <sup>2</sup>	-0,869	0,67

<sup>1</sup>dependence, <sup>2</sup>correlation coefficient, <sup>3</sup>content

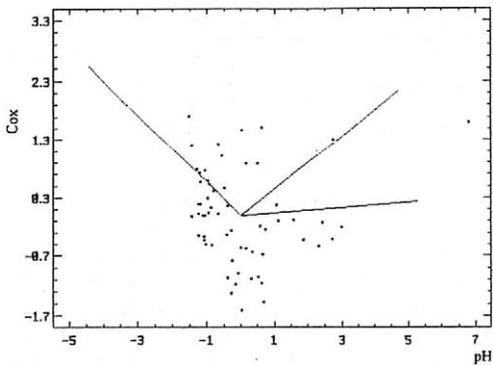
Korelačné vzťahy medzi obsahom aktívneho Al a jednotlivými charakteristikami daných pôdnych typov, ako sú pH v KCl, resp. C<sub>ox</sub>, sú uvedené v tab. II. Zo sledovania korelačných koeficientov vidíme zápornú multiplikačnú závislosť medzi Al a pH (obr. 5), čo logicky vyplýva z rozpustnosti, výmennosti, z chemického správania sa tohto prvku v pôdnom roztoku. Kladnú lineárnu závislosť pozorujeme medzi Al a obsahom C<sub>ox</sub>, resp. humusu (obr. 6). Prevažná časť obsahu Al je vo forme zlučiteľných s organickými látkami. Al viazaný v organických koloidoch (fulvátach, humátach) podľa komplexnosti väzby nie je do určitej hodnoty pH v prístupnej forme (Close, 1989). Obsah aktívneho Al pri rovnakom obsahu C<sub>ox</sub> závisí od kva-



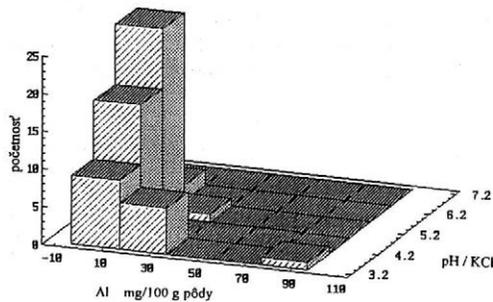
5. Multiplikačná závislosť medzi aktívnym Al a pH/KCl pôdy – Multiplication dependence between active Al and pH/KCl of soil



6. Lineárna závislosť medzi aktívnym Al a obsahom C<sub>ox</sub> v pôde – Linear dependence between active Al and C<sub>ox</sub> content in soil



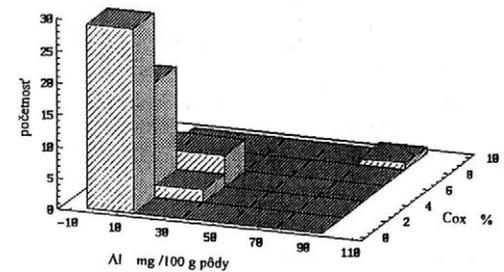
7. Faktorová analýza pre dva komponenty (pH a obsah  $C_{ox}$ ) – Factor analysis for two components (pH and  $C_{ox}$  content)



## ZÁVER

Predložená práca charakterizuje stav obsahu aktívneho Al v rámci siete ČMS – P, jeho štatistickú distribúciu a korelácie medzi Al, pH a  $C_{ox}$ . Z výsledkov je zrejme, že stav aktívneho Al v poľnohospodárskej pôde sa dá regulovať vápnením, čím sa reguluje chemizmus pôdy, hlavne pôdna reakcia ako spúšťač mobility, a tým je možné zabrániť jeho prenikaniu do potravinového reťazca a do spodných vôd.

Pozornosť je treba venovať aj obsahu aktívneho Al v podorniči, kde môže byť príčinou depresie prerastanie koreňov do hĺbky, spôsobuje zníženie fyziologickej hĺbky pôdy, z ktorej rastlina čerpá vlahu a živiny, čím sa zvyšuje deficit vlahy v povrchových vrstvách pôdy.



8. Histogramy funkčnej závislosti aktívneho Al, pH in KCl a  $C_{ox}$  – Histograms of functional dependence of active Al, pH in KCl and  $C_{ox}$   
početnosť – numerousness

lity humusu a jeho detoxikačných schopností. Faktorová analýza obsahu aktívneho Al a základných pôdnych charakteristík nám umožňuje konštatovať, že obsah Al sa dá vyjadriť z 90 % ako funkčná závislosť dvoch faktorov, a to pôdnej reakcie v KCl a obsahu  $C_{ox}$  (obr. 7, 8).

Toxicita Al pre rastliny je závislá nielen od jeho obsahu v potenciálne prístupnej forme, ale predovšetkým od pomerov medzi výmennými kationmi v pôdnom roztoku. Proces toxicity zakyslenia determinuje koeficient ekvivalentných vzťahov  $Al^{3+}/Ca^{2+} = \alpha$ . Kritická hladina pre citlivé rastliny  $\alpha = 0,5$ , pre menej citlivé  $\alpha = 1,0$ ; 72 % zo sledovaných vzoriek pôd je nad kritickou hladinou  $\alpha = 0,5$ , čím sa stávajú toxickými pre citlivé rastliny, obmedzujú rast ich koreňových vlásočnic a celkovú prosperitu plodín.

## LITERATÚRA

- CLOSE, E. A. – POWELL, K. J.: Rapidly extracted (0,02 mol  $CaCl_2$ ) reactive Al as measure of Al-toxicity in soils. Austral. J. Soil Res., 1989 (27).
- ELINDER, C. G.: Metabolism and toxicity of metals. Berlin, 1984.
- HANES, J.: Obsah Fe a Al v lyzimetrických vodách hnedozeme na spraši. Poľnohospodárstvo, 12, 1973: 939–945.
- HANES, J.: Rozbor chemických a fyzikálno-chemických vlastností pôd. Návod na cvičenia z geológie a pôdozvedectva. Bratislava, Príroda 1988.
- YONG, R. N. – MOHAMED, A. M. O. – WARKENTIN, B. P.: Principles of contaminant transport in soils. Elsevier, 1992.

Došlo 21. 8. 1995

### Kontaktná adresa:

RNDr. Jarmila Makovníková, Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Mládežnícka 36, 974 05 Banská Bystrica, Slovenská republika, tel.: 088/73 52 72, fax: 088/352 84

# RYCHLOST FOTOSYNTÉZY A NÁRŮST SUŠINY VELMI RANÝCH ODRŮD BRAMBOR

## RATES OF PHOTOSYNTHESIS AND DRY MATTER ACCUMULATION OF VERY EARLY POTATO VARIETIES

J. Zrůst<sup>1</sup>, M. Jůzl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Potato Growing, Havlíčkův Brod, Czech Republic

<sup>2</sup>Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic

**ABSTRACT:** The field trials were established in two regions with different weather conditions (Žabčice u Brna – 184 m of elevation, Valečov u Havlíčkova Brodu – 460 m of elevation). Four potato varieties were selected for the observations (Tab. I). The spacing chosen for the tuber planting was identical, 750 x 250 mm, with the same stand density of 53 300 plants.ha<sup>-1</sup>. The trials were evaluated by the method of the vertical divided parts with four replications in two variants with fertilizer rates 60 and 120 kg N.ha<sup>-1</sup>. Net photosynthetic rate  $P_N$  was measured in the period of visible beginning of bud formation when  $P_N$  of potatoes was on the top and a week later. The variety Ukama exceeds the rest of varieties with two exceptions in experimental years 1994 and 1995. The variety Krystala showed the lowest  $P_N$  (Fig. 1). The level of nitrogen did not appear prominently in varieties especially during dry conditions of 1994. The difference between varieties decreased with the higher level of nitrogen approximately about a half in 1995. The difference among varieties with the lowest and the highest values of  $P_N$  was at 60 kg N.ha<sup>-1</sup> over 10 mg (d. m.) .dm<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> which represented 0.2867 mg when converted into m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Significant differences of crop growth rate  $CGR$  were found out at the higher nitrogen level (Tab. II). The week sequence of full blossom stand is shown in Tab. II. From all the varieties observed on both locations, the highest value was found in the variety Impala at 120 kg N.ha<sup>-1</sup>. The highest values  $CGR$  were found on the location Žabčice. The variety Impala achieved the highest value of the  $LAI$ , especially with nitrogen level 120 kg.ha<sup>-1</sup> and the variety Koruna had the lowest value with both levels of nitrogen (Fig. 2). On an average the highest values of  $LAI$  were found in mutual comparison of both nitrogen levels, locations and years with higher level of nitrogen on the location Žabčice in 1995. These differences were caused by higher rate of nitrogen which positively affected the length of closed assimilation apparatus, in production activity formed more favourable soil and climatic conditions of location placed in the maize – production region and higher total amount of rainfall during the growing season in 1995. Factors mentioned above influenced favourably the values of leaf area duration  $LAD$  (Tab. III). The variety Impala achieved largely the highest value on both locations in both years. On the contrary, the variety Koruna attained largely the lowest values of  $LAD$ . The varieties Krystala and Ukama did not show an essential difference on the location Žabčice while the higher values of variety Ukama were reached in potato production region conditions. The total yield of tubers was affected by values of the above-mentioned parameters (Tab. IV). The variety Impala showed the highest yield and the most favourable values of growth analytical characteristics on both locations during both years. The effect of higher rates of nitrogen applied positively affected all the varieties observed, on both locations and both years (Fig. 3). The differences (Tab. V) in tuber yield of some varieties in the period from last sampling to harvest were caused by the different late blight infection level on potato plant leaves.

very early potato varieties; N nutrition; location; growth analytical characteristics; photosynthetic rate; yield of tubers

**ABSTRAKT:** V polních pokusech zakládaných ve dvou produkčních oblastech (Žabčice u Brna – 184 m n. m. a Valečov u Havlíčkova Brodu – 460 m n. m.), na dvou hladinách N (60 a 120 kg.ha<sup>-1</sup>) se čtyřmi velmi ranými odrůdami brambor (Krystala, Koruna, Impala a Ukama) byla mimo jiné sledovaná rychlost fotosyntézy  $P_N$ , nárůst sušiny, listové plochy a hlíz v průběhu vegetace v pěti termínech a při fyziologickém dozrání porostu. Nejvyšší  $P_N$  měla odrůda Ukama, nejnižší odrůda Krystala. V nižší hladině N byly rozdíly mezi odrůdami větší, dosahovaly přes 10 mg sušiny.dm<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (0,2867 mg sušiny.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>). Za příznivých vláhových poměrů v roce 1995 byly hodnoty  $P_N$  u většiny odrůd vyšší, hladina N neměla tak velký vliv. Vyšší průměrné hodnoty  $LAI$  byly zjištěny na vyšší hladině N, na stanovišti v Žabčicích a v roce 1995. Nejvyšší hodnoty  $LAI$  měla odrůda Impala, nejnižší odrůda Koruna. Velké rozdíly v  $LAD$ , které ovlivnily přírůstky hlíz, se projeví rovněž mezi odrůdami, hladinami N a stanovišti. Znovu se tak prokázal význam charakteristik zjišťovaných metodou analýzy růstu pro fyto technické i šlechtitelské hodnocení odrůd brambor.

velmi rané odrůdy brambor; výživa N; stanoviště; charakteristiky zjišťované metodou analýzy růstu; rychlost fotosyntézy; výnos hlíz

Pro tvorbu biomasy a její distribuci v rostlině bramboru je významná délka vegetační doby. Pozitivní korelace byly zjištěny mezi délkou vegetační doby a vyšší výnosovou výkonností (A v r a t o v š ě u k o v á, 1967). Znamená to, že se ve šlechtitelském procesu obtížně získávají velmi rané odrůdy s požadovanou výkonností a odpovídajícími hospodářsky významnými vlastnostmi (dobrá konzumní kvalita, vhodnost pro výrobu potravinářských výrobků, velikostní a tvarová vyrovnanost hlíz, odolnost k měnícím se vegetačním podmínkám, chorobám, mechanickému poškození aj.).

Mnohé charakteristiky významné pro produkční výkonnost jsou vzájemně závislé a musí se počítat s jejich interakcemi při tvorbě výnosu. Některé z nich je možno považovat za zvlášť důležité. Pro dosažení vysokého hospodářského výnosu uvádí Z r ů s t (1977) sedm charakteristik. Jde o: rychlost, s jakou je vytvářen asimilační aparát, velikost plně funkce schopné listové plochy, produktivitu listů, životnost plně funkčních listů, co nejdelší období optimálně rozvinuté listové plochy, relativní rychlost růstu zásobních orgánů, odpovídající rozdělení vytvořených asimilátů do produkčního procesu a k tvorbě zásobních orgánů.

Šlechtitelé (K o n r á d, 1978; F i n d e j s, 1978) se shodují na požadavcích rychlé tvorby a ukončení růstu nadzemních částí trsu po dosažení nezbytně nutného rozsahu. Čím ranější odrůda, tím příznivější je rychlá tvorba trsu. To totiž umožňuje brzký odvod asimilátů do vytvořených hlíz. Zdůrazňují též velmi intenzivní a ekonomickou práci asimilačního aparátu. Pro odrůdy s krátkou vegetační dobou je nutná časná iniciace hlíz a jejich rychlá tvorba, aby byly pokud možno co nejdříve v konzumní zralosti a odpovídající kvalitě.

V naší práci jsme se proto opět zaměřili na sledování rychlosti fotosyntézy, nárůstu sušiny nadzemních orgánů, velikosti a doby udržení listové plochy v činnosti a na tvorbu hlíz.

Polní pokusy se zakládaly ve dvou oblastech s rozdílným klimatem (na pozemcích ŠZP MZLU v Žabčicích u Brna – 184 m n. m., kukuřičná oblast, půdy těžké, s dobrou zásobou P a Mg, střední zásobou K, a na stanici Valečov, náležející VÚB v Havlíčkově Brodě – 460 m n. m., bramborářská oblast, půdy lehčí až středně těžké, s dobrou zásobou P, střední zásobou K a malou zásobou Mg). Do těchto pokusů byly zařazeny dvě naše velmi rané odrůdy brambor Krystala, Koruna a dvě zahraniční velmi rané odrůdy brambor Ukama a Impala.

Některé významné charakteristiky těchto odrůd a jejich původ uvádí tab. I – převzato většinou z literatury (V a l e n t o v á, 1995).

Sadba českých odrůd byla převážně ve stupni S<sub>1</sub> (přímo ze šlechtitelských pracovišť), zahraniční odrůdy byly ve stupni Elita. Hlízy velikosti 30 až 55 mm, hmotnosti 60 až 80 g se sázely předklíčené (klíčky 10 až 20 mm) do sponu 750 x 250 mm (hustota porostu 53 300 rostlin na 1 ha). Pokusy se zakládaly metodou kolmo dělených dílců ve čtyřech opakovaných s variantami 60 a 120 kg N.ha<sup>-1</sup>. Ostatní živiny byly jednotné: 50 kg P.ha<sup>-1</sup> a 130 kg K.ha<sup>-1</sup> v č. ž. Odběry rostlin pro rozboru se prováděly v týdenních intervalech od nasažení prvních hlíz. Hodnotily se ukazatele:

- rychlost fotosyntézy P<sub>N</sub> měřená gravimetricky pomocí terčíkové metody (Š e t l í k, Š e s t á k, 1971),
- nárůst sušiny trsu a listové plochy charakteristikami získanými metodou analýzy růstu (N e ě a s et al., 1966),
- rychlost nárůstu hlíz,
- celková produkce hlíz a produkce hlíz > 30 mm,
- výnos hlíz a obsah jejich sušiny.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Naměřené hodnoty P<sub>N</sub> (obr. 1) se pohybovaly v rozmezí odpovídajícím našim dřívějším pokusům (Z r ů s t,

I. Některé charakteristiky sledovaných odrůd – Some characteristics of the studied varieties

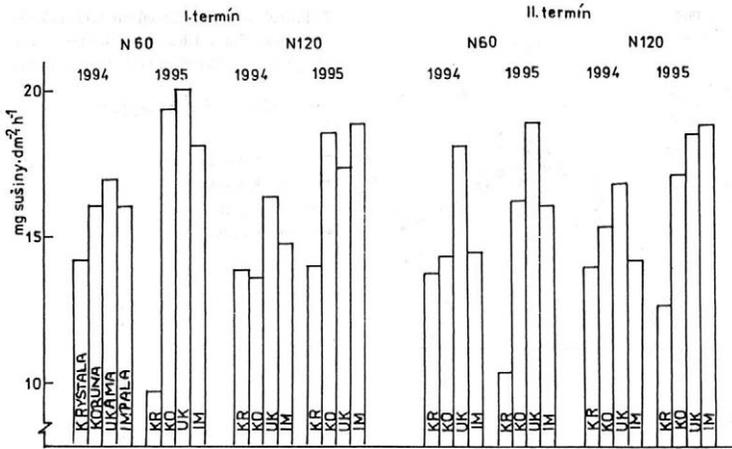
Odrůda <sup>1</sup>	Vegetační doba (dny) <sup>2</sup>	Typ trsu <sup>3</sup>	Rychlost růstu natě <sup>4</sup>	Dynamika tvorby hlíz <sup>5</sup>	Počet hlíz pod trsem <sup>6</sup> (ks)	Podíl hlíz <sup>7</sup> < 40 mm (%)	Výnos hlíz <sup>8</sup> 1992–1994 (t.ha <sup>-1</sup> )	Země – místo šlechtění <sup>9</sup>
Krystala	106	St – L	8,0	8,0	11	11	33,5	ČR – Sativa (Keřkov)
Koruna	115	St – L	6,1	7,8	14	23	37,0	ČR – Sativa (Keřkov)
Impala	108	St	6,9	8,3	13	24	44,4	Nizozemsko – Agrico (Emmeloord)
Ukama	117	L – St	7,6	8,1	12	20	43,2	Nizozemsko – De Z. P. C. (Leeuwarden)

St – stonkový typ – stem type

L – listový typ – leafy type

1–9 – devítibodová stupnice (1 – nejnižší, 9 – nejvyšší) – nine-point scale (1 – lowest, 9 – highest)

<sup>1</sup>variety, <sup>2</sup>growing season (days), <sup>3</sup>type of hill, <sup>4</sup>rate of haulm growth, <sup>5</sup>dynamics of tuber production, <sup>6</sup>number of tubers per hill, <sup>7</sup>proportion of tubers, <sup>8</sup>yield of tubers, <sup>9</sup>country – site of breeding



1. Rychlost fotosyntézy  $P_N$  v mg sušiny. $\text{dm}^{-2}.\text{h}^{-1}$  v prvním a druhém týdnu sledování (průměry tří dnů); I. termín 22. až 24. 6. 1994, 12. až 14. 6. 1995; II. termín 27. až 30. 6. 1994, 19. až 21. 6. 1995 – Net photosynthetic rate  $P_N$  in mg of dry matter. $\text{dm}^{-2}.\text{h}^{-1}$  during the first and the second week of observation (averaged three days); dates of measurement: 1st week of June 22 to 24, 1994, June 12 to 14, 1995; 2nd week June 27 to 30, 1994, June 19 to 21, 1995

Smolíková, 1977; Zrůst, 1983). V těchto pracích jsme uváděli průměry za sedm týdnů vegetace. Vyšší hodnoty v tomto pokusu jsou z krátkých, pouze týdenních intervalů měření v úseku vegetace s nejvyšším  $P_N$ . V prvním týdnu (22. až 24. 6. 1994 a 12. až 14. 6. 1995) šlo o období okem patrného počátku tvorby poupatek, ve kterém rychlost fotosyntézy u brambor kulminuje. Ve druhém týdnu (27. až 30. 6. 1994 a 19. až 21. 6. 1995) měla  $P_N$  některých odrůd již klesající tendenci. Týkalo se to především nižší hladiny N.

V našem pokusu šlo o velmi rané odrůdy a lze tedy předpokládat, že absolutní hodnoty  $P_N$  byly nižší, než kdybychom měli v pokusech zařazené odrůdy s delší vegetační dobou, které bývají fotosynteticky účinnější (Avratovščuková, 1973; Zrůst, Dobiáš, 1983).

Odrůdové rozdíly, způsobené zřejmě výkonnějším listovým aparátem u odrůd s relativně delší vegetační dobou, se projeví i v tomto pokusu. Odrůdy Koruna a Ukama s delší vegetační dobou vykazovaly již z počátku vegetace vyšší  $P_N$ . K nim se řadila odrůda Impala s krátkou vegetační dobou, ale s vysoce fotosynteticky účinným listovým aparátem.

Rozdíly mezi odrůdami byly na hladině 120 kg  $\text{N}.\text{ha}^{-1}$  nižší oproti poloviční hladině N. Největší rozdíly mezi odrůdami Krystala a Ukama jsme naměřili v roce 1995 na hladině 60 kg  $\text{N}.\text{ha}^{-1}$  (přes 10 mg sušiny. $\text{dm}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ). Při přepočtu na 1  $\text{m}^2$  za 1 s tento rozdíl činí přes 0,2867 mg, tedy okolo 50 %.

Vyšší  $P_N$  ve variantě 120 kg  $\text{N}.\text{ha}^{-1}$  oproti variantě s polovičním N je především v roce 1995 v souladu s poznatky týkajícími se vlivu N na  $P_N$  a koncentraci chlorofylu, včetně vlivu na průduchy (Nátr, 1972; Zrůst, nepubl.). Výši  $P_N$  však mnohem více než hladina N ovlivnila půdní vlhkost, která byla příznivější právě v roce 1995. Souhlasí to s našimi dřívějšími pokusy (Zrůst et al., 1994).

Týdenní interval v úseku plného květu s nejvyššími hodnotami rychlosti růstu porostu  $\text{CGR}$  ve vegetaci jsme vybrali záměrně, aby vynikly rozdíly mezi odrůdami (tab. II). Jde pouze o krátký časový úsek, který nelze porovnávat s konečnými hodnotami výnosu jednotlivých odrůd. Údaje však přesto charakterizují růstovou aktivitu odrůd a jejich produktivitu v intervalu maximálního růstu každé z nich. Nejvyšší hodnoty vykazovala na obou stanovištích odrůda Impala na hladině 120 kg  $\text{N}.\text{ha}^{-1}$ .

V teplejší oblasti Žabčic s nízkou nadmořskou výškou a vyšší intenzitou fotosynteticky účinného záření se dosahovalo vyšších hodnot  $\text{CGR}$ . Vyšší rychlost růstu byla podpořena rovněž vyšší hladinou N hnojení. Vliv N na produkci je dostatečně známý a byl zachycen v mnoha pracích.

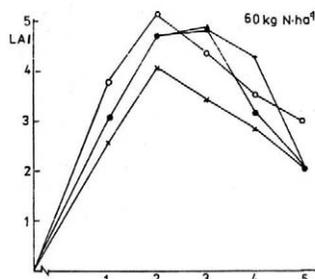
Optimalizace produkčních procesů velikostí listové plochy je rovněž známá (Singh, Singh, 1987) a velmi diskutovaná, zejména ve spojitosti s množstvím záření zachyceného porostem (např. Allen, Scott, 1980; Povolný, 1995). Při ovlivnění listo-

II. Rychlost růstu porostu  $\text{CGR}$  brambor v g sušiny. $\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , počítaná ve vybraném týdenním úseku v době plného květu v roce 1995 – Crop growth rate  $\text{CGR}$  of potatoes in g of dry matter. $\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , calculated from the chosen one-week period in the full flowering period in the year 1995

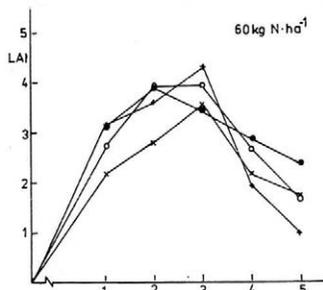
Odrůdy <sup>1</sup>	Krystala		Koruna		Impala		Ukama		
	N (kg. $\text{ha}^{-1}$ )	60	120	60	120	60	120	60	120
Žabčice		25,31	29,62	23,11	32,07	24,47	43,58	25,96	32,10
Valečov		17,99	23,45	23,25	31,97	24,83	37,38	15,16	26,77

<sup>1</sup>varieties

ŽABČICE



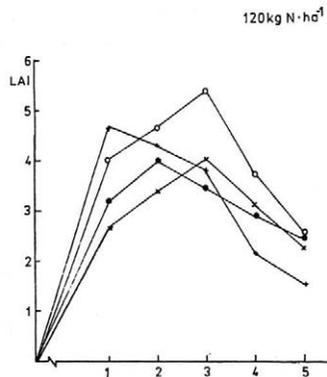
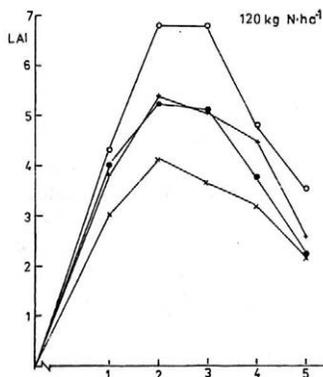
VALEČOV



2. Průběh listové pokryvnosti LAI (průměr čtyř opakování) – Changes with time in leaf area index LAI (averaged three replications)

osa x: odběry – x axis: samplings

—○— Krystala  
—△— Koruna  
—□— Impala  
—◇— Ukama



vé pokryvnosti LAI agrotechnickými a výživářskými opatřeními je třeba dbát na to, aby nebyl rušen efekt vyššího množství pohlceného záření velkou listovou plochou značnou spotřebou asimilátů na její tvorbu. Platí to i ve vytyčování cílů šlechtitelské práce (Nečas, 1968, 1974).

Nejpříznivější průběh LAI měla v našich pokusech na obou stanovištích odrůda Impala (obr. 2), což se příznivě odráželo v nárůstu hlíz během vegetace i v konečném výnosu. Kladný vliv N na velikost listové plochy je rovněž známý (Harris, 1992) a potvrdil se v obou oblastech. Výhodnější růstové podmínky v Žabčicích měly kladný vliv na LAI, což se projevilo zvýšenými hodnotami. Při porovnání výsledků z obou let výhodnější vláhové poměry v roce 1995 se promítly i do výše LAI v tomto roce.

Vhodnějším ukazatelem budoucího výnosu než samotná hodnota LAI, indikující velikost listové plochy, je délka, po kterou zůstává listová plocha v činnosti, vyjádřená integrální listovou plochou LAD (Gmelig-Meyling, Bodlaender, 1981), včetně orientace listů na stonku, umožňující optimální pohlcování záření. V této charakteristice vyšla nejlépe na stanovišti Žabčice odrůda Impala, nejhůře Koruna. Na Valečově si až na jednu výjimku v obou hladinách N udržely nejdéle listovou plochu v činnosti obě zahraniční odrůdy (tab. III).

Nižší hodnoty LAD na Valečově oproti Žabčicím byly dány jednak kratší dobou sledování tohoto ukaza-

tele, jednak vyšší nadmořskou výškou a horšími klimatickými podmínkami v této oblasti. Nižší hodnoty zjištěné v roce 1994 oproti roku následujícímu byly způsobeny horšími vláhovými poměry v této vegetaci. Závislost konečného výnosu na této charakteristice u jednotlivých odrůd se potvrdila na obou stanovištích, v obou letech i hladinách N.

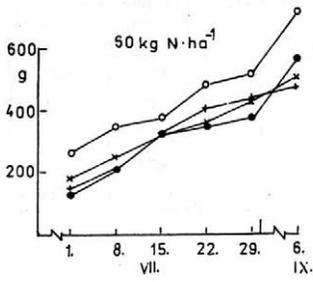
Jak signalizovaly jednotlivé charakteristiky analýzy růstu v průběhu vegetace i měřená rychlost fotosyntézy, dominovala v nárůstu čerstvé hmotnosti v obou hladinách N na obou stanovištích odrůda Impala, která si během vegetace udržovala po celou dobu odstup od ostatních odrůd (obr. 3). Výjimkou byl rok 1995 na stanovišti Valečov, ve kterém neměla tato odrůda z počátku, během prvních dvou odběrů, výraznou dynamiku přírůstků hlíz. Tu získala až v průběhu vegetace.

V přírůstcích hmotnosti hlíz během vegetace zbylých tří odrůd se projevily rozdíly mezi oběma stanovišti. V kukuřičné oblasti následovaly odrůdy Impala s odstupem větším či menším v jednotlivých odběrech odrůdy v pořadí Krystala, Ukama a Koruna.

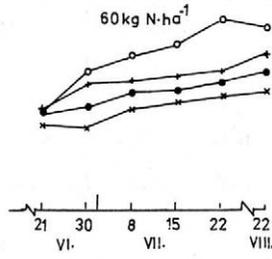
V bramborářské oblasti měla druhá ze zahraničních odrůd Ukama nejpomalejší dynamiku přírůstků hlíz z počátku vegetace v obou letech. V roce 1994 překonala české odrůdy až v závěru vegetace, tedy v době, kdy je tato skupina velmi raných odrůd již v praxi sklizena. V roce 1995 se přírůstky hlíz této odrůdy zvýšily ve druhé polovině vegetace. Z českých odrůd byla na

1994

VALEČOV



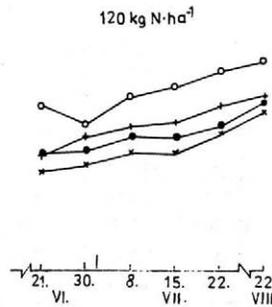
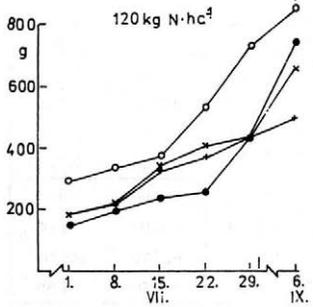
ŽABČICE



3. Nárůst čerstvé hmotnosti hlíz v g.trs<sup>-1</sup> – Increase of tuber fresh weight in g per hill

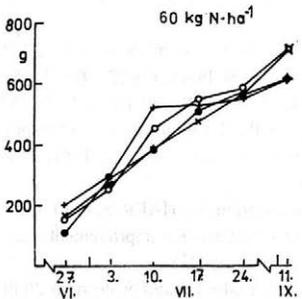
osa s: odběry, data – x axis: samplings, dates

- Kryštala
- × Koruna
- Impala
- Ukama

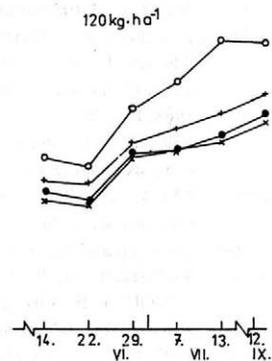
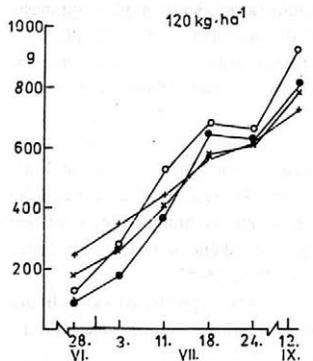
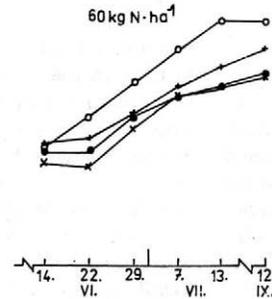


1995

VALEČOV



ŽABČICE



III. Hodnoty integrální listové plochy LAD v m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> v Žabčicích a na Valečově v roce 1994 za 10 a 9 týdnů vegetace a v roce 1995 za 10 a 7 týdnů vegetace (průměr čtyř opakování) – Leaf area duration LAD in m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> in Žabčice and Valečov in the year 1994 for 10 and 9 weeks of vegetation and in the year 1995 for 10 and 7 weeks of vegetation (averaged four replications)

Odrůdy <sup>1</sup>		Krystala		Koruna		Impala		Ukama	
N (kg.ha <sup>-1</sup> )		60	120	60	120	60	120	60	120
Žabčice	1994	29,18	32,98	21,71	25,12	30,09	39,27	27,07	32,16
	1995	30,52	34,73	23,93	26,63	32,40	41,98	29,01	34,45
Valečov	1994	13,90	16,38	14,89	17,38	16,76	21,56	18,75	19,75
	1995	24,49	30,72	19,72	24,54	23,66	33,07	25,35	33,48

<sup>1</sup>varieties

IV. Hmotnost všech hlíz a hlíz velikosti > 30 mm jednoho trsu v g (průměr čtyř opakování) – Total weight of tubers and weight of tubers of the size > 30 mm per hill in g (averaged four replications)

Odrůdy <sup>1</sup>		Krystala		Koruna		Impala		Ukama	
N (kg.ha <sup>-1</sup> )		60	120	60	120	60	120	60	120
Žabčice	1994 Σ	506,34	569,75	382,74	515,15	581,61	675,33	440,62	547,23
	> 30 mm	488,79	549,91	365,39	496,48	556,75	644,94	422,75	527,44
	1995 Σ	705,86	775,19	627,91	684,99	799,02	948,03	632,88	707,60
	> 30 mm	681,66	751,64	609,38	669,09	773,30	925,61	613,46	686,63
Valečov	1994 Σ	471,50	497,75	508,25	659,50	728,25	853,75	564,00	739,75
	> 30 mm	452,75	472,50	477,00	635,00	704,00	840,50	552,00	719,00
	1995 Σ	612,75	727,50	717,50	788,50	717,50	923,00	617,50	806,00
	> 30 mm	603,75	712,50	704,00	796,00	703,00	908,00	601,50	788,50

<sup>1</sup>varieties

stanovišti Valečov výkonnější během vegetace většínou odrůda Krystala, při fyziologickém dozrání ji překonávala odrůda Koruna v obou letech (tab. IV).

Při statistickém zhodnocení výnosů (tab. V) po fyziologickém dozrání porostů se výsledky odrůd a zejména stanovišť lišily od výsledků získávaných během odběrů ve vegetaci. Časový interval mezi posledním, pátým odběrem a sklizní po fyziologickém dozrání byl měsíc a více. V tomto období se nepodařilo udržet porosty jednotlivých odrůd zcela bez napadení plísní bramborovou. Zejména stanoviště v Žabčicích bylo více postiženo. Z tohoto důvodu docházelo v poslední fázi vegetace k rozdílům mezi odrůdami a stanovišti.

Výsledky z roku 1995 byl získány za podpory Grantové agentury ČR (grant č. 503/95/0185).

## LITERATURA

ALLEN, E. J. – SCOTT, R. K.: An analysis of growth of the potato crop. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 94, 1980: 583–606.  
 AVRATOVŠČUKOVÁ, N.: Genetická analýza fotosyntetické aktivity vzorků listové čepale některých kulturních rostlin. [Kandidátská dizertace.] Praha, 1967. 171 s. – PFF UK.  
 AVRATOVŠČUKOVÁ, N.: Genetické studium fotosyntetické aktivity listů, aktivity Hillovy reakce a některých struktur

listů významných pro fotosyntézu. [Závěrečná zpráva.] Praha, PFF UK 1973. 67 s.

FINDEJS, R.: Ideotyp konzumních brambor do roku 2000.

In: Ideotyp brambor do roku 2000. Praha, ČSAZ 1978: 51–57.

GMELIG-MEYLING, H. D. – BODLAENDER, K. B. A.: Varietal differences in growth, development and tuber production of potatoes. *Netherl. J. Agric. Sci.*, 29, 1981: 113–127.

HARRIS, P. M.: Mineral nutrition. In: HARRIS, P. M. (ed.): The potato crop. The scientific basis for improvement. London, Chapman and Hall 1992: 162–213.

KONRÁD, J.: Ideotyp raných odrůd brambor do roku 2000.

In: Ideotyp brambor do roku 2000. Praha, ČSAZ 1978: 45–49.

NÁTR, L.: Influence of mineral nutrients on photosynthesis of higher plants. *Review Photosynthetica*, 6, 1972: 80–99.

NEČAS, J.: Growth analytical approach to the analysis of yielding capacity of potato varieties. *Photosynthetica*, 2, 1968: 85–100.

NEČAS, J.: Physiological approach to the analysis of some complex characters of potatoes. *Potato Res.*, 17, 1974: 3–23.

NEČAS, J. – ZRŮST, J. – HAŠKOVÁ, B.: Růstová analýza jako metoda hodnocení produktivity brambor při vytváření jejich biologického a hospodářského výnosu. *Věd. Práce VÚB (Havlíčkův Brod)*, 3, 1966: 33–57.

POVOLNÝ, P.: Vliv redukce listové plochy na výnos brambor *Solanum tuberosum* L. [Doktorská dizertace.] Praha, 1995. 119 s. – AF ČZU.

V. *F*-hodnoty a hodnoty průměrných čtverců z analýzy rozptylu a průkazné rozdíly ve výnosu hlíz > 30 mm na trs – *F*-values and mean square values from analysis of variance and significant differences of yield of tubers > 30 mm per hill

Roky <sup>1</sup>	1994				1995			
	<i>N</i> <sup>3</sup>	<i>F</i> -hodnoty <sup>4</sup>	průměrný čtverec <sup>5</sup>	průkaznost <sup>6</sup>	<i>N</i>	<i>F</i> -hodnoty	průměrný čtverec	průkaznost
Opakování <sup>7</sup>	3	1,465	3 422,188		3	0,545	2 697,932	
Hladina N <sup>8</sup> (N)	1	80,449	187 922,250	**	1	44,661	221 252,641	**
Odrůdy <sup>9</sup> (O)	3	57,445	134 187,604	**	3	16,965	84 046,932	**
Stanoviště <sup>10</sup> (S)	1	68,495	160 000,000	**	1	0,564	2 795,766	
N x O	3	3,835	8 957,625	*	3	1,700	8 422,266	
N x S	1	0,976	2 280,063		1	3,023	14 975,641	+
O x S	3	19,398	45 311,125	**	3	5,229	25 902,724	**
N x O x S	3	0,897	2 095,021		3	0,265	1 315,266	
Chyba <sup>11</sup>	45		2 335,921		45		4 954,099	

+ statisticky průkazný rozdíl<sup>12</sup> ( $P < 0,1$ ); \* statisticky průkazný rozdíl ( $P < 0,05$ ); \*\* statisticky vysoce průkazný rozdíl<sup>13</sup> ( $P < 0,01$ )

Průkazné rozdíly <sup>12</sup>											
Rok	1994					1995					
	Průměr <sup>14</sup>	Tukey	Odrůdy	Průměr	Tukey	Hladina N	Průměr	Tukey	Odrůdy	Průměr	
Hladina N	120 kg/ha	610,8 g	5 % 24,4 g	Impala	686,5 g	5 % 45,6 g	120 kg/ha	779,3 g	5 % 35,5 g	Impala	828,4 g
	60 kg/ha	502,4 g	1 % 32,5 g	Ukama	555,4 g	1 % 56,5 g	60 kg/ha	661,8 g	1 % 47,3 g	Koruna	693,9 g
				Koruna	493,4 g	Krystala				687,3 g	
Stanoviště	Průměr	Tukey	Krystala	491,1 g		Stanoviště				Ukama	672,6 g
	Valečov	606,6 g	5 % 24,4 g			Valečov	727,2 g	5 % 35,5 g	Tukey	5 % 66,5 g	
	Žabčice	506,6 g	1 % 32,5 g			Žabčice	713,9 g	1 % 47,3 g		1 % 82,2 g	

<sup>1</sup>years, <sup>2</sup>source of variability, <sup>3</sup>d. f., <sup>4</sup>*F*-values, <sup>5</sup>mean square, <sup>6</sup>significance, <sup>7</sup>replication, <sup>8</sup>N level, <sup>9</sup>varieties, <sup>10</sup>location, <sup>11</sup>error, <sup>12</sup>significant differences, <sup>13</sup>highly significant differences, <sup>14</sup>average

- SINGH, R. P. – SINGH, R. P.: Correlation of some plant characters with yield in potato. Short note. J. Indian Potato Assoc., 14, 1987: 124–126.
- ŠETLÍK, I. – ŠESTÁK, Z.: Use of leaf tissue samples in ventilated chambers for long term measurements of photosynthesis. In: ŠESTÁK, Z. – ČATSKÝ, J. – JARVIS, P. G. (eds): Plant photosynthetic production. Manual of methods. The Hague, Dr. W. Junk N. V. Publ. 1971: 316–342.
- VALENTOVÁ, M.: Odrůdy brambor v letech 1992–1994. Brno, PAX AGRIS SKZÚZ, OÖZ 1995. 39 s.
- ZRŮST, J.: Teorie tvorby výnosů brambor. In: Stabilizace výnosů a rozvoj bramborářství. Praha, ČSAZ 1977: 57–66.
- ZRŮST, J.: Rychlost fotosyntézy různých genotypů bramborů. Rostl. Výr., 29, 1983: 563–576.
- ZRŮST, J. – DOBIÁŠ, K.: Rychlost tvorby sušiny a možnost jejího využití pro výběr produktivních genotypů brambor. In: REPKA, J. (ed.): Produkční potenciál rostlin a cesty jeho realizace. Nitra, 1983: 57–65.
- ZRŮST, J. – SMOLÍKOVÁ, A.: Rozdíly v rychlosti fotosyntézy u kříženců a některých rodičovských odrůd brambor. Rostl. Výr., 23, 1977: 723–732.
- ZRŮST, J. – VACEK, K. – HÁLA, J. – JANÁČKOVÁ, I. – ADAMEC, F. – AMBROŽ, M. – DIAN, J. – VÁCHA, M.: Influence of water stress on photosynthesis and variable chlorophyll fluorescence of potato leaves. Biol. Plant., 36, 1994: 209–214.

Došlo 17. 1. 1996

---

*Kontaktní adresa:*

Ing. Jaromír Zrůst, CSc., Výzkumný ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika, tel.: 0451/323, fax: 0451/215 78

---

# VLIV APLIKACE CYTOKININU A DUSÍKATÉHO HNOJENÍ NA JARNÍ PŠENICI

## INFLUENCE OF THE APPLICATION OF CYTOKININ AND NITROGEN FERTILIZATION ON SPRING WHEAT

D. Hradecká, L. Staszková

*Czech University of Agriculture, Praha, Czech Republic*

**ABSTRACT:** In the years 1993 to 1995 the effect of postfloral application of cytokinin N-6-m (hydroxybenzyl) adenosine and two nitrogen doses (40 kg/ha and 70 kg/ha in the form of calcium nitrate applied before anthesis) as exerted on the formation of yield-forming components, height of economic yield and spring wheat quality was studied in spring wheat, cv. Sandra. Six treatments were evaluated: control, control + cytokinin, 40 kg N, 40 kg N + cytokinin, 70 kg N and 70 kg N + cytokinin (Tab. II). Besides length of stem, number of tillers and dry matter, leaf area index *LAI* as well as tillering potential *OP* during the growing season were evaluated. In postfloral period, roughly six weeks after application of cytokinin, spectrophotometrical methods were used to determine activity of glutamate kinase in upper two flag leaves. Grain quality after harvest was assessed from wet gluten content (fixed on the Glutomatic device) and from the value of falling number (fixed on the device Falling Number manufactured by the Swedish company Perten). Nitrogen and cytokinin fertilization had a positive effect on the yield and quality of grain, particularly in the years 1994 and 1995. Both years differ by weather conditions (Fig. 1). Data on yield components are summed up in Tabs III to V. Out of yield-forming components (Tabs VI and VII) the number of grains per spike was the most affected, while TKW at least. Nitrogen fertilization and cytokinin application limited the reduction of tillers and reduced potential spike productivity (numbers of established spikelets and florets in spikes to actual number of grains per spike). The effect of cytokinin on glutamate kinase enzyme activity, on the value of falling number and wet gluten content (Figs 2 to 5) is evident. Treatments of 40 kg N + cytokinin and 40 kg N were manifested most. An analysis of production-ecological and yield components in different years indicates that the effect of treatment was manifested significantly particularly in less favourable years when cytokinin aided to plants to overcome the stress, e.g. in 1994 stress from drought (Tab. IV). In this weather unfavourable year the effect of treatment was most marked for the whole evaluated period. In 1993 higher dose of nitrogen decreased grain yield (Tab. III). Length of stems, number of tillers and leaf area index (which were different in wetter and warm year of 1995 and in more arid year of 1994) differed significantly along with integral characteristics, leaf area index *LAI* and tillering potential. In treatments 40 kg N + cytokinin increased activity of glutamate kinase (Tab. VIII) was recorded. Results presented in Figs 2 to 5 indicate some relations between glutamate kinase activity, falling number and gluten content. In addition, they also indicate significant effects of a year (weather conditions), in concrete terms – formation of progression of yield-forming components in time, and quality of production as well. Ecophysiological manifestations of growth are in congruency with literature.

grain yield; cytokinin; nitrogen nutrition; wet gluten; falling number; glutamate kinase

**ABSTRAKT:** V letech 1993 až 1995 byl hodnocen vliv postflorální aplikace aromatického cytokininu, N-6-m (hydroxybenzyl) adenosinu a dvou dávek dusíku před kvetením (40 kg/ha a 70 kg/ha ve formě ledku vápenatého) na výši výnosu a jakost jarní pšenice odrůdy Sandra. Byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi variantami ošetření u výnosu, HTS, počtu zrn na klas a u vegetačních, ekofyziologických znaků: hmotnost celkové sušiny, pokryvnost listoví (*LAI*), odnožovací potenciál (*OP* – integrál plochy pod křivkou udávající celkový počet odnoží podílejících se na tvorbě výnosu za celé vegetační období) a fotosyntetický potenciál (*LAD*). Vliv ročníku se projevil v délce stébla, velikosti asimilační plochy a celkovém počtu odnoží. Výrazný pozitivní vliv na výnos zrna mělo dusíkaté hnojení a cytokinin v letech 1994 a 1995. Z výnosotvorných prvků byl nejvíce ovlivněn počet zrn v klasu a méně HTS. Dusíkaté hnojení i aplikace cytokininu omezily redukci odnoží. Je zřejmý vliv cytokininu i dusíku na aktivitu enzymu glutamátkinázy, na hodnoty pádového čísla a na obsah lepku (obr. 2 až 5).

výnos zrna; cytokinin; aplikace dusíku; lepek; pádové číslo; glutamátkináza

## ÚVOD

Práce navazuje na souvislou časovou řadu maloparcelkových i poloprovozních pokusů, realizovaných na ČZU v letech 1983 až 1992, s postflorální aplikací aromatických cytokininů [(N-6-m) (hydroxybenzyl) adenosin] na obilniny, převážně v řepářském výrobním typu, kde výsledkem ošetření byly výnosové přírůstky u různých obilních druhů a jejich odrůd v rozmezí 5,8 až 22,0 %, v závislosti na ročníku, agrotechnice, předplodině a odrůdě.

Byla zaznamenána omezená redukce fertálních odnoží, omezená redukce generativních orgánů a v souvislosti s tím vyšší počet zrn v klasu a vzrůst hmotnosti zrn. Při různých dávkách a formách aplikovaného dusíku a v různých ročnicích byl podíl vlivů hodnocený faktorovou analýzou u cytokininů 7 až 24 % a u výživy dusíkem 12 až 29 %. V pokusech, které realizovali Trčková, Kamínek (1990), byly výnosové přírůstky při postflorální aplikaci cytokininu vyšší při nižším množství rostlinám přístupného dusíku.

Jedním z cílů práce bylo ověření předpokladu citovaných autorů v polních podmínkách. V případě jeho platnosti by totiž bylo možné uvažovat o snížení dávek dusíku po aplikaci cytokininu, resp. o omezení účinků stresu z nepříznivých podmínek, což by bylo výhodné jak z hlediska ekonomického, tak i ekologického.

## MATERIÁL A METODA

Přesné polní pokusy s jarní pšenicí (odrůda Sandra) byly uskutečněny na pokusných pozemcích ČZU v Suchdole a Uhříněvesi. Obě stanice se nacházejí v řepářském výrobním typu. Stanovištní charakteristiku pokusů uvádí tab. I.

I. Charakteristika pokusných stanovišť – Characteristics of experimental sites

Stanoviště <sup>1</sup>	Půdní typ <sup>2</sup>	Půdní druh <sup>4</sup>	Průměrné roční srážky <sup>6</sup> (mm)	Průměrná roční teplota <sup>7</sup> (°C)	Nadmožská výška <sup>8</sup> (m n. m.)
Suchdol	hnědozem <sup>3</sup>	hlína <sup>5</sup>	510	9,2	280
Uhříněves	hnědozem	hlína	575	8,3	295

<sup>1</sup>site, <sup>2</sup>great soil group, <sup>3</sup>luvisol, <sup>4</sup>soil texture, <sup>5</sup>loam, <sup>6</sup>average annual precipitation, <sup>7</sup>average annual temperature, <sup>8</sup>altitude

V letech 1993 a 1994 byla jarní pšenice pěstována po obilnině a v roce 1995 po cibuli. Pokusné parcelky, rozložené metodou latinského čtverce, měly rozlohu 10 m<sup>2</sup> a byly čtyřikrát opakovány.

Dusík byl aplikován podle povětrnostních podmínek ve fázi metání až počátek kvetení (13. 5. 1993, 17. 5. 1994 a 19. 5. 1995).

Aplikace cytokininu v dávce 225.10<sup>-6</sup> g/ha byla provedena po odkvětu porostů tak, že na 1 m<sup>2</sup> byl aplikován 1 l roztoku. Kontrolní varianty obdržely stejné množství vody bez přípravku. Aplikace proběhla 1. 6. 1993, 4. 6. 1994 a 7. 6. 1995.

Dynamika tvorby a redukce výnosotvorných ukazatelů, počet odnoží, odnožovací potenciál (neboli integrál plochy pod křivkou, udávající změny v průměrném počtu odnoží na rostlinu), asimilační plocha, sušina, průměrný počet kvítků, klásků a zrn na klas byly hodnoceny u tříkrát deseti rostlin v zhruba 14denním intervalu podle metody, kterou uvádějí K v ě t et al. (1971), a po sklizni u 50 rostlin od každé varianty ošetření. Přehled použitých variant ošetření je uveden v tab. II.

V období rané voskové zralosti asi pět až šest týdnů po aplikaci cytokininu (kolem 10. až 15. 7.) byla stanovena aktivita enzymu glutamátkinázy ve fytomase horních praporových listů (dále GK%) podle metodiky, kterou uvádějí T á b o r s k ý , V a š á k o v á (1994). Aktivita byla stanovena spektrofotometricky při 540 nm a vyjádřena v hodnotách odečtené absorbance A/ml a přepočtena na 1 ml enzymového preparátu.

Obsah mokrého lepku byl měřen na přístroji Glutomatic a hodnota pádového čísla na přístroji Falling number firmy Perten standardní metodikou. Statistické hodnocení a grafické zpracování výsledků bylo realizováno s využitím programu Excel 5a.

Z údajů na obr. 1 je zřejmé, že pokusné roky se výrazně lišily průběhem povětrnosti. Roky 1994 a 1995 byly výrazně teplejší, zvláště v červenci a srpnu, a v roce 1994 byly zaznamenány velmi nízké srážky.

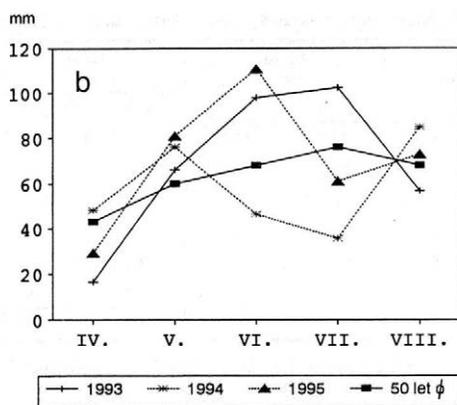
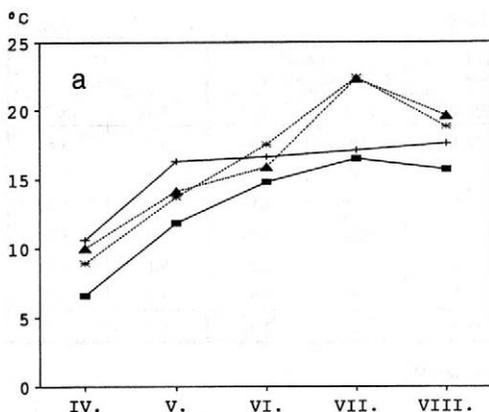
## VÝSLEDKY A DISKUSE

V roce 1993 působila výrazně zvýšení výnosu zrna dávka 40 kg N. Vyšší dávka dusíku však již působila snížení výnosu (tab. III). Cytokinin v tomto roce zvýšil výnos jen u nehojené varianty. Současná aplikace dusíku a cytokininu výnos neovlivnila.

II. Přehled variant ošetření – Survey of treatments

Varianta <sup>1</sup>	Dávka dusíku <sup>2</sup> (kg/ha)	Aplikace cytokininu <sup>3</sup>
1	0	-
2	0	+
3	40	-
4	40	+
5	70	-
6	70	+

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>nitrogen dose, <sup>3</sup>cytokinin application



I. Srážky a teploty během vegetace v pokusných letech – Precipitation and temperatures during growing season in experimental years

a – teploty – temperatures  
 b – srážky – precipitation  
 osa x: měsíce – x axis: months

III. Výnosové výsledky v roce 1993 – Yield results in 1993

Varianta <sup>1</sup>	Výnos zrna <sup>2</sup>		Počet zrn <sup>3</sup>		HTS <sup>4</sup>	
	t/ha	%	ks	%	g	%
1	4,8	100,0	31,6	100,0	46,8	100,0
2	4,9	102,1	32,9	104,1	47,4	103,0
3	5,2	108,3	35,4	112,0	44,5	95,1
4	5,2	108,3	37,3	116,0	44,9	95,4
5	4,5	93,8	34,3	108,5	44,0	94,0
6	4,5	93,8	36,9	116,7	45,2	96,5
$\bar{x}$	4,6	–	34,7	–	45,4	–
$D_{min}$	0,05	–	1,53	–	0,29	–

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>grain yield, <sup>3</sup>grain number, <sup>4</sup>TKW

V roce 1994 obě dávky způsobily výrazné zvýšení výnosu (tab. IV). Cytokinin působil ve všech případech pozitivně, nejvíce však u nehnojené kontrolní varianty. Podobných výsledků, pouze na vyšší úrovni, bylo dosaženo i v roce 1995 (tab. V). Z výnosotvorných prvků byl více ovlivněn počet zrn v klase než hmotnost zrna (HTS).

Délka stébla byla ovlivněna jednoznačně ročníkem. Nižší byly rostliny v roce 1994 (tab. VI), kdy byl nedostatek srážek. Zvýšení délky stébla bylo úměrné dávám dusíku. Cytokinin v podstatě délku stébla neovlivnil. Počet odnoží byl výrazně ovlivněn ročníkem. V roce 1995 (tab. VII) rostliny více odnožovaly, což bylo dáno průběhem povětrnosti i ošetřeními. Jednoznačně nejméně odnoží při prvním měření v obou letech bylo u nehnojené varianty a hnojením dusíkem se jejich počet výrazně zvyšoval, zvláště v roce 1995. Při druhém termínu měření v červenci docházelo obecně k redukci počtu odnoží. Nejvyšší redukce byla zjištěna u nehnojené kontroly. Na omezení redukce měl výrazný vliv kromě dusíku i cytokinin. Tomu odpovídají i integrální hodnoty odnožovacího potenciálu OP.

IV. Výnosové výsledky v roce 1994 – Yield results in 1994

Varianta <sup>1</sup>	Výnos zrna <sup>2</sup>		Počet zrn <sup>3</sup>		HTS <sup>4</sup>	
	t/ha	%	ks	%	g	%
1	4,8	100,0	42,2	100,0	52,6	100,0
2	5,7	118,8	43,9	104,5	52,7	110,2
3	6,0	125,0	43,3	102,6	55,2	104,9
4	6,4	133,3	48,8	115,6	55,6	105,7
5	6,0	125,0	40,2	95,3	52,7	100,2
6	6,4	133,3	37,3	88,4	54,8	104,1
$\bar{x}$	5,9	–	42,6	–	53,9	–
$D_{min}$	0,42	–	0,92	–	0,54	–

For 1–4 see Tab. III

V. Výnosové výsledky v roce 1995 – Yield results in 1995

Varianta <sup>1</sup>	Výnos zrna <sup>2</sup>		Počet zrn <sup>3</sup>		HTS <sup>4</sup>	
	t/ha	%	ks	%	g	%
1	7,2	100,0	36,4	100,0	48,4	100,0
2	8,4	116,7	40,8	112,1	49,8	102,8
3	8,9	123,6	42,1	115,6	49,3	101,8
4	8,9	123,6	43,1	118,4	51,4	106,2
5	7,9	109,7	38,6	106,0	49,7	102,7
6	7,8	108,3	40,2	110,4	48,5	100,2
$\bar{x}$	8,2	–	40,2	–	49,5	–
$D_{min}$	0,31	–	0,64	–	1,66	–

For 1–4 see Tab. III

Sledování sušiny jedné rostliny ukazuje na výrazný vliv hnojení dusíkem, zvláště u variant 40 kg N a 40 kg N + cytokinin, na nárůst fytohmoty. Nižší nárůst sušiny v červenci při dávce 70 kg N a 70 kg N + cytokinin, i při zvýšení délky rostlin, souvisí zřejmě s tvorbou

## VI. Vybrané produkční jednotky v roce 1994 – Selected production units in 1994

Varianta <sup>1</sup>	Délka stébla <sup>2</sup>		Počet odnoží <sup>3</sup>		Odkořovací potenciál <sup>4</sup>	Sušina <sup>5</sup> (g/rostlina <sup>6</sup> )		LAI (m/m)	
	15. 6.	15. 7.	15. 6.	15. 7.		15. 6.	15. 7.	15. 6.	15. 7.
1	52,7	67,2	3,0	2,1	72,3	0,90	1,84	3,8	4,8
2	52,7	68,3	3,0	2,3	73,6	0,90	1,97	3,9	5,7
3	62,9	70,8	3,3	3,0	77,1	1,30	3,48	5,4	7,2
4	62,9	68,9	3,3	3,3	75,5	1,30	3,72	5,6	7,6
5	67,6	72,5	3,4	3,2	79,1	1,36	2,56	8,1	7,9
6	67,6	71,4	3,4	3,5	78,3	1,36	3,92	8,1	8,2
$\bar{x}$	61,07	69,8	3,2	2,9	75,9	1,18	2,91	5,8	6,9

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>stem length, <sup>3</sup>number of tillers, <sup>4</sup>tillering potential, <sup>5</sup>dry matter, <sup>6</sup>g/plant

## VII. Vybrané produkční jednotky v roce 1995 – Selected production units in 1995

Varianta <sup>1</sup>	Délka stébla <sup>2</sup>		Počet odnoží <sup>3</sup>		Odkořovací potenciál <sup>4</sup>	Sušina <sup>5</sup> (g/rostlina <sup>6</sup> )		LAI (m/m)	
	30. 6.	19. 7.	30. 6.	19. 7.		19. 7.	30. 6.	19. 7.	30. 6.
1	56,7	66,7	2,7	2,5	173,5	1,42	1,58	6,5	5,7
2	58,7	69,4	2,7	2,7	176,5	1,43	1,85	6,5	6,7
3	67,2	72,1	5,3	4,3	277,6	1,76	2,28	11,5	11,1
4	67,2	73,4	5,3	4,7	283,6	1,76	2,56	11,5	11,5
5	77,9	83,6	4,6	4,2	244,8	1,57	1,94	10,5	10,7
6	77,9	85,9	4,6	4,6	240,8	1,57	1,98	10,5	11,8
$\bar{x}$	67,9	75,2	4,2	3,8	322,8	1,59	2,03	9,5	9,6

For 1–6, see Tab. VI

## VIII. Aktivita (A) glutamátkinázy (GK) v období rané voskové zralosti – Activity (A) of glutamate kinase (GK) in the stage of early wax ripeness

Varianta <sup>1</sup>	1994		1995	
	A/ml	%	A/ml	%
1	0,475	100,0	0,232	100,0
2	0,528	111,2	0,238	102,5
3	0,650	136,8	0,315	135,8
4	0,978	206,0	0,452	194,8
5	0,632	133,2	0,335	144,4
6	0,496	104,6	0,313	134,9

<sup>1</sup>treatment

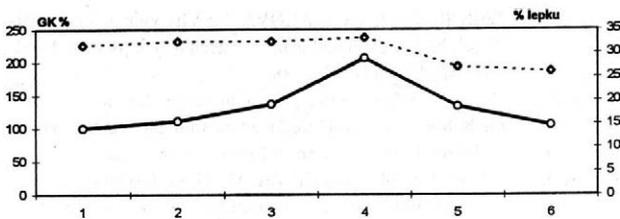
většího počtu sterilních odnoží bez klasu. Na nárůst fytoomasy působila jednoznačně pozitivně i aplikace cytokininu. Také pokryvnost listové LAI vzrůstala podobně, i když v jednotlivých letech odlišně vzhledem k rozdílnému průběhu povětrnosti.

Z údajů na obr. 2 a 3 je zřejmé, že v roce 1994 byl obsah lepku poměrně vyrovnaný, s poklesem u varianty 5 a 6. V roce 1995 naopak došlo k výraznému nárůstu u variant 2 až 6 proti kontrolní variantě. Číslo pádu (obr. 4 a 5) v roce 1994 bylo u variant 1 až 5 dost podobné, výrazný rozdíl vykazovala až varianta 6.

V roce 1995 byly nejvyšší hodnoty u varianty 3 a 4 a u variant 5 a 6 byl zaznamenán pokles. Aktivita glutamátkinázy (tab. VIII) byla nejvyšší v obou letech 1994 i 1995 u varianty 4. U ostatních variant byly hodnoty blízké, aplikace cytokininu a dávky 40 kg N svědčí o příznivém vlivu na aktivitu tohoto enzymu.

V suchém roce 1994 se projevilo poměrně výrazné ošetření variant cytokininem. Je známo, že cytokininy pomáhají překonat stres (Miller, 1980; Butenko, Basanov, 1982; Lehman, 1990). Ačkoliv vegetační období roku 1994 lze v experimentální časové řadě let 1993 až 1995 hodnotit jako vláhově nejméně příznivé z hlediska celkového množství srážek za vegetaci i z hlediska jejich distribuce, projevily se právě v tomto roce rozdíly mezi variantami ošetření. V roce 1995 se zřejmě vysoké průměrné denní teploty vzduchu, ale i nedostatek srážek v období naplňování sinku, které způsobily předčasné ukončení vegetace, odrazily v počtu zrn a ve snížení HTS i u variant s vyšší dávkou dusíku.

Dávka dusíku u variant 40 kg N a 40 kg N + cytokinin zvýšila aktivitu glutamátkinázy (tab. VIII). Nejvyšší efekt byl pozorován u varianty 40 kg N a 40 kg N + cytokinin. Tyto výsledky naznačují souvislosti mezi aktivitou glutamátkinázy, pádovým číslem a obsahem lepku. Potvrzuje se také výrazný vliv povětrnosti na utváření jednotlivých produkčních jednotek, a tím i výnosotvorných prvků, i na kvalitu produkce.



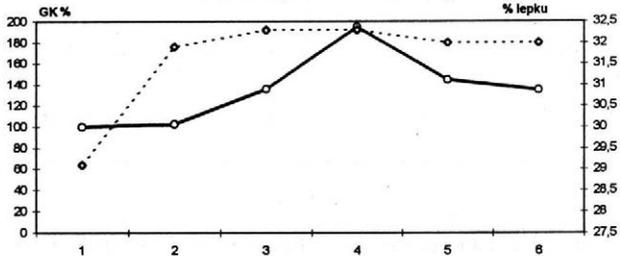
2. Aktivita glutamátkinázy (GK%) a obsah lepku (%) u sledovaných variant v roce 1994 – Glutamate kinase activity (GK%) and gluten content (%) in investigated treatments in 1994

$$y = 0,0937x^4 - 1,22x^3 + 4,82x^2 - 5,92x + 32,63$$

$$R^2 = 0,9219 \text{ pro lepek}$$

$$y = 3,25x^4 - 49,1x^3 + 245,5x^2 - 446,6x + 349$$

$$R^2 = 0,847 \text{ pro aktivitu GK\%}$$



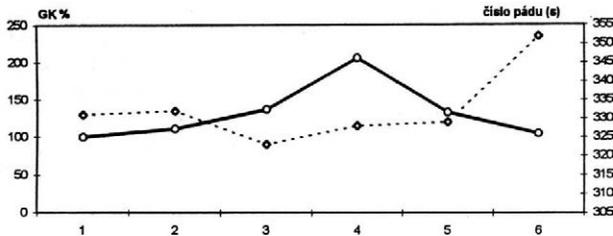
3. Aktivita glutamátkinázy (GK%) a obsah lepku (%) u sledovaných variant v roce 1995 – Glutamate kinase activity (GK%) and gluten content (%) in investigated treatments in 1995

$$y = 0,127x^3 - 1,64x^2 + 6,57x + 24,1$$

$$R^2 = 0,99 \text{ pro lepek}$$

$$y = 3,23x^4 - 48,6x^3 + 243,4x^2 - 445,9x + 349,0$$

$$R^2 = 0,88 \text{ pro GK\%}$$



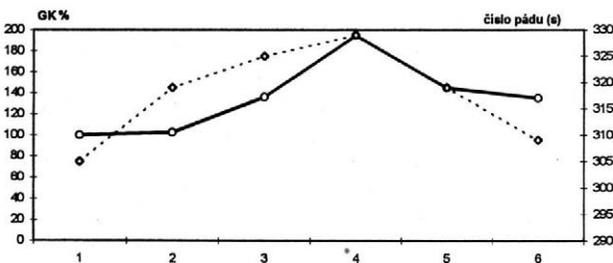
4. Aktivita glutamátkinázy (GK%) a číslo pádu (s) u sledovaných variant v roce 1994 – Glutamate kinase activity (GK%) and falling number (s) in investigated treatments in 1994

$$y = 35,3x^3 + 28,3x^2 - 42,9x + 114,6$$

$$R^2 = 0,71 \text{ pro aktivitu GK\%}$$

$$y = 2,67x^2 - 15,86x + 347,4$$

$$R^2 = 0,81 \text{ pro číslo pádu}$$



5. Aktivita glutamátkinázy (GK%) a číslo pádu (s) u sledovaných variant v roce 1995 – Glutamate kinase activity (GK%) and falling number (s) in investigated treatments in 1995

$$y = 3,23x^4 - 48,6x^3 + 24,3x^2 - 445,9x + 349,5$$

$$R^2 = 0,88 \text{ pro GK\%}$$

$$y = 0,16x^4 - 2,3x^3 + 7,4x^2 + 4,2x + 295,6$$

$$R^2 = 0,98 \text{ pro číslo pádu}$$

osa x: varianta – x axis: treatment

—○— aktivita glutamátkinázy – glutamate kinase activity

---◇--- obsah lepku, resp. číslo pádu – gluten content or falling number, resp.

Prezentované výsledky z teorie tvorby výnosu jarní pšenice jsou v relaci s údaji z literatury (Trčková, Kamínek, 1990; Tománová, 1993). Potvrzuje se, že dusík má významnou roli ve výnosotvorném procesu a že cytokinin může zefektivnit jeho využití, zejména v méně příznivých letech. Při vyšších dávkách dusíku se v závislosti na termínu aplikace a možném využití

dusíku rostlinami zakládá více generativních orgánů. Z dosažených výsledků vyplývá, že převod asimilátů a jejich ukládání v sinku souvisí spíše s příznivým vlivem cytokininu na enzymatickou činnost rostliny, kterou lze postflorální aplikací významně podpořit.

Práce vznikla za podpory grantu GA 204/94/0641.

## LITERATURA

- BUTENKO, V. – BASANOV, J.: Effect of cartolin in frost resistance of wheat callus tissue culture. Dokl. Bot. Nauki Akad. Nauk, 267, 1982: 125–182.
- KVĚT, J. – NEČAS, J. – ONDOK, J. P.: Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1971 (2): 76.
- LEHMAN, K.: Specific abundant proteins induced by jasmonate and osmotic stress correlation to senescence. Int. Symp. Physiology and Biochemistry of Cytokinins in Plants, Liblice, 10.–14. 9. 1990.
- MILLER, C. D.: Cytokinin inhibition of respiration in mitochondria from six plant species and vegetables. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 77, 1980: 18.
- TÁBORSKÝ, J. – VAŠÁKOVÁ, L.: Vliv vybraných pesticidů na aktivitu glutamátkinázy v listech ozimé pšenice. Rostl. Výr., 40, 1994 (4): 343–348.
- TOMANOVÁ, L.: Vliv aplikace morforegulátorů a cytokininu N-6-m (hydroxybenzyl) adenosinu na tvorbu výnosu u obilnin. [Diplomová práce.] Praha. 65 s. – VŠZ.
- TRČKOVÁ, M. – KAMÍNEK, M.: Grain formation translocation of nutrients and metabolites in wheat plants after application of synthetic cytokinin N-6-m (hydroxybenzyl) adenosine. Int. Symp. Physiology and Biochemistry of Cytokinins in Plants, Liblice, 10.–14. 9. 1990.

Došlo 14. 11. 1995

---

### *Kontaktní adresa:*

RNDr. Dana H r a d e c k á , CSc., Česká zemědělská univerzita, Česká republika, 165 21 Praha 6-Suchdol, tel.: 02/338 25 37, fax: 02/338 25 35

---

# PŘEDPOKLAD VYUŽITÍ STOCHASTICKÉHO MODELU PRO HODNOCENÍ POROSTŮ S NAHODILÝM ROZDĚLENÍM V ŘÁDKU

## THE PREREQUISITE FOR THE USE OF STOCHASTIC MODEL FOR EVALUATION OF THE STANDS WITH RANDOM DISTRIBUTION IN ROW

L. Minx, M. Ryšavý, P. Šlimar

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

**ABSTRACT:** The four stands of spring barley differed by stand density and quality of the seed applied (Tab. I), established by sowing of universal sowing machine (random distribution in a row), the possibility of the use of stochastic model developed for control of the number and distribution of plants in stands established by exact sowing into eligible distance in row. The mathematic model tested distinguishes three groups of plants' distances in row: fully utilizable and the other way round, distances resulting in a drop in the yield due to excessive density (the so-called percentage of over-density – equation 2) or insufficient completeness of the stand (the so-called percentage of porosity – equation 3). Comparable results (Tabs II to IV, Fig. 1) can be attained when corrected emergence rate of the stand was determined, i.e. in this paper – the number of sowing distances occupied by one or more plants. Average distance of sowing is found by the number of sown seeds (regardless of their germinating ability). Determination of corrected emergence rate will make easy the use of elastic meter made of broad elastic string with two rings on its ends to be fixed to the defined length of row; 100 divisions of identical length will be distinguished on the meter. The number of plots occupied by plants will be found by extension of the meter on different sites of the stand to hundredfold of average distance of sowing rate per row. Average of these values will indicate corrected emergence rate of stand. The results found sufficiently confirm the possibility of exploitation of stochastic model even in the stands with random distribution of plants in row.

stochastic model of stand; exact sowing; random distribution; emergence of stand; correction of emergence rate

**ABSTRAKT:** U čtyř porostů jarního ječmene, lišících se hustotou výsevu a kvalitou použitého osiva, zasetých univerzálním secím strojem (nahodilé rozmístění v řádku), byla ověřována platnost stochastického modelu, vyvinutého pro sponové plodiny. Srovnatelné výsledky byly dosaženy za předpokladu uplatnění tzv. korigované vzešlosti porostu, již se rozumí počet rostlinami obsazených vzdáleností výsevu v řádku, nikoliv podíl vzešlých rostlin z počtu vysetých semen. Stanovení korigované vzešlosti usnadní použití elastického měřítka. Zjištěné výsledky rozšiřují platnost zkoušeného stochastického modelu rozmístění rostlin v porostu.

stochastický model porostu; přesný výsev; nahodilé rozmístění; vzešlost porostu; korekce vzešlosti

### ÚVOD

Základem produkčního procesu rostlin je fotosyntéza. Je procesem konzervativním, takže fotosyntetický výkon porostu je ovlivňován hlavně regulací zelené plochy na jednotce plochy půdy (F o l t ý n , 1985). Řada autorů prokázala, že pokryvnost listoví lze nejsnáze a neúčinněji ovlivnit organizací porostu, tj. počtem a rozmístěním rostlin v porostu. Podle plošného rozmístění rozděluje R o s s (1975) plodiny do čtyř skupin: 1. pravidelné rozdělení (jako příklad možno uvést výsev na stavitelnou vzdálenost v řádku), 2. částečně

pravidelné rozdělení (řádkový výsev s nahodilým rozmístěním v řádku), 3. nahodilé rozdělení (výsev naširoko) a 4. skupinové rozdělení (nepravidelné rozdělení ve skupinách). Pravidelnost rozmístění rostlin v porostech zakládaných přesnými secími stroji je závislá na dostatečné vzešlosti porostu. Sponové plodiny pěstované výsevem na konečnou vzdálenost, u nichž bývá pozorován větší rozdíl mezi klíčivostí a vzházivostí osiva, pak tvoří (R o s s , 1975) přechod od pravidelného k částečně pravidelnému rozmístění rostlin. Byl zpracován matematický model, který tyto vztahy kvantifikuje (M i n x , 1988; M i n x , Č a m b a l o v á , 1993).

V Ústavu pěstování a šlechtění rostlin MZLU v Brně byl vytvořen model organizace porostů zakládání přesným výsevem na stavitelnou vzdálenost v řádku. Předmětem tohoto metodického příspěvku je hodnocení možnosti a podmínek uplatnění základů tohoto stochastického modelu v porostech zakládání výsevem univerzálními secími stroji, tj. v porostech, u nichž rozmístění semen a po vzejití rostlin v řádku je nahodilé.

Podklady pro řešení byly získány z polního pokusu založeného v roce 1994 na pozemku v katastru obce Rousínov (rendzina na pískovci s vápenatým tmelem, orníční horizont 30 cm bez skeletu). Pro vytvoření širšího spektra podkladů bylo použito osivo o rozdílné klíčivosti a hustotě setí. Klíčivost byla upravena přimícháním neklíčivého osiva. K výsevu byl použit jarní ječmen (lepší viditelnost obílek).

U každé ze čtyř zvolených variant (tab. I) byla vyseta parcela o délce 20 m. Na polovině parcely bylo osivo uloženo na povrch půdy za účelem zjistit počet vysetých zrn, na zbytku parcely pak do hloubky 3 cm, aby po vzejití mohlo být hodnoceno rozmístění rostlin. Daný postup s velkou pravděpodobností (bližící se jedné) umožňoval, aby počet obílek vysetých na povrch půdy byl shodný s jejich počtem vysetým do půdy. K setí byl použit secí stroj se lžičkovým výsevním ústrojím (předpoklad značnější nepravidelnosti výsevu).

Hodnoceny byly úseky řádku o délce 8 m (při rozteči řádků 0,125 m je to 1 m<sup>2</sup>). Po výsevu byly spočítány obilky vyseté na povrch půdy za účelem stanovení průměrné vzdálenosti výsevu v řádku a vzešlosti porostu. Po 20 dnech byl zjištěn počet rostlin a zaznamenáno jejich rozmístění v řádku (vzdálenost od začátku hodnoceného úseku) pro vyčíslení vzdáleností mezi rostlinami, což jsou nezbytné podklady pro stanovení procenta přehustění a procenta mezerovitosti porostu jako srovnávaných modelových parametrů.

Základem hodnoceného modelu je rozřídění vzdáleností rostlin v řádku do tří skupin ( $M$  i n x, 1988). Pravděpodobnost výskytu délek vzdáleností rostlin v řádku ( $V_{nd}$ ) se vypočítá pomocí vzorce

$$V_{nd} = R(1 - 0,01 \cdot R)^{n-1} \quad (1)$$

kde:  $R$  – vzešlost porostu v % (podíl výsevních míst daných sponem výsevu, obsazených jednou nebo více rostlinami)  
 $nd$  – počet vzdáleností výsevu v řádku

Rozhodující skupinu tvoří rozsah vzdáleností plně využitelných ( $w_{\min}$  až  $w_{\max}$ ), jež nevedou k významnému poklesu výnosu. Jejich podíl na délce řádku má být co největší.

Vzdálenosti menší než  $w_{\min}$  způsobují pokles výnosu vlivem přehustění. Součet jejich délek, měřeno v ose řádku, procentně vyčíslený z hodnocené délky řádku, je označován procentem přehustění porostu ( $H_h$ ), jež se vypočítá pomocí rovnice

$$H_h = H_{h-1} + 0,01 \cdot h \cdot R^2 (1 - 0,01 \cdot R)^{h-1} \quad (2)$$

kde:  $h$  – celé číslo podílu  $\frac{w_{\min}}{d}$

Pro výpočet procenta přehustění působeného pouze vzdáleností výsevu (tzn.  $w_{\min}$  je menší než dvojnásobek průměrné vzdálenosti výsevu v řádku) lze použít zjednodušenou rovnici  $H_1 = 0,01 \cdot R^2$ . Je-li působeno vícenásobky výsevní vzdálenosti, je nutné provést postupný výpočet podle vzorce (2).

Vzdálenosti větší než  $w_{\max}$ , tj. větší než nejdelší plně využitelné, způsobují mezerovitost porostu. Procento mezerovitosti porostu ( $M$ ) vyjadřuje podíl sumární délky mezer na délce řádku. Za mezeru je pak považován kladný zbytek vzdálenosti dvou sousedních rostlin po odpočtu maximální délky využitelné vzdálenosti rostlinami v řádku. K výpočtu se použije rovnice

$$M = (1 - 0,01 \cdot R)^c (100 - z \cdot R) \quad (3)$$

kde:  $c$  – celé číslo

$z$  – zbývající část podílu (tj. za desetinnou čárkou, jak plyne ze vztahu  $c + z = \frac{w_{\max}}{d}$ )

Stanovení procenta přehustění a procenta mezerovitosti měřením v porostu je realizovatelné u všech řádkových kultur. Možnost výpočtu těchto parametrů pomocí rovnice (2) a (3) na srovnatelné úrovni s údaji získanými měřením v porostu však byla zatím prokázána pouze u sponových plodin.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro případné rozšíření platnosti modelu charakterizujícího rozmístění rostlin sponových plodin v řádku i na porosty zakládání výsevem univerzálními secími stroji bylo třeba vymezit základní proměnné, jimiž jsou průměrná vzdálenost výsevu v řádku a vzešlost porostu. Vzdálenost výsevu v řádku byla určena z délky řádku a počtu vysetých zrn. Vzešlost porostu pak byla stanovena jako podíl počtu rostlin z počtu vysetých zrn. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tab. I (druhý a třetí sloupec).

Předně byla ověřována použitelnost vzorce (1), neboť nepodléhá-li rozmístění rostlin v řádku u těchto plodin stejné zákonitosti jako u plodin sponových, nelze uvažovat o využití rovnic (2) a (3) pro výpočet přehustění a mezerovitosti. Srovnání vypočítaných se skutečně naměřenými hodnotami v porostu nevedlo k pozitivnímu závěru. V důsledku toho i údaje o přehustění a mezerovitosti se značně lišily.

V dalším výzkumu této problematiky byly využity zkušenosti získané při hodnocení porostů cukrovky zakládání obrušovaným víceklíčkovým osivem výsevem přesnými řeposecími stroji na 4 cm v řádku ( $M$  i n x, 1988 aj.). Vzdálenosti rostlin v řádku byly rozříděny do skupin podle násobků vzdálenosti výsevu (s rozptylem do  $\pm 0,5$  vzdálenosti výsevu v řádku). Vzdálenosti rostlin do poloviny průměrné vzdálenosti výsevu v řádku byly považovány za shluky rostlin (po-

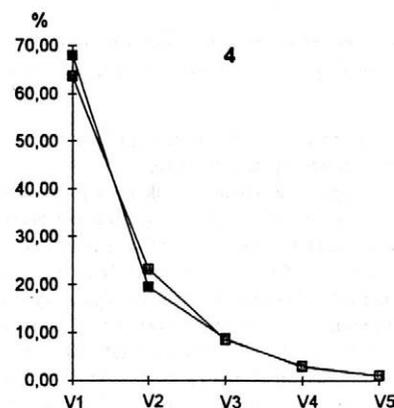
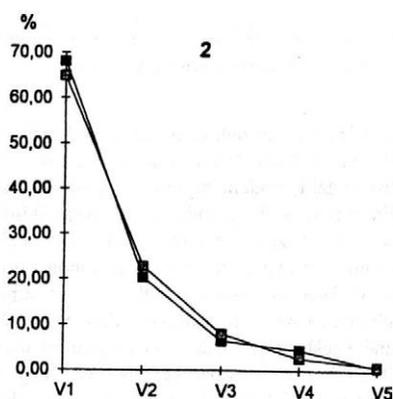
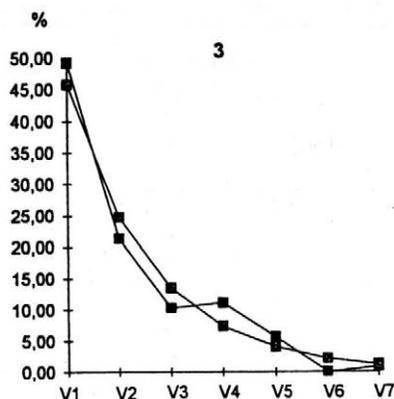
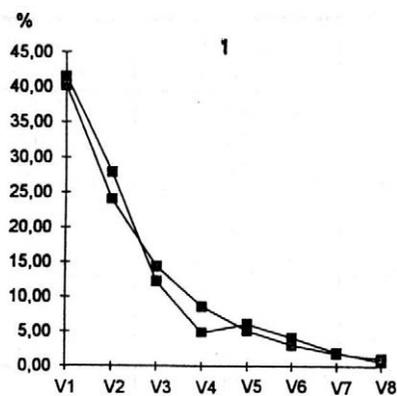
I. Průměrná vzdálenost výsevu v řádku a vzešlost porostu – Average distance of sowing in row and emergence rate of stand

Varianta <sup>1</sup>	Průměrná vzdálenost výsevu v řádku <sup>2</sup> (mm)	Vzešlost porostu <sup>3</sup> (%)	
		podle počtu rostlin <sup>4</sup>	podle počtu obsazených výsevních vzdáleností <sup>5</sup>
1	21,9	52,5	40,7
2	33,9	92,4	64,8
3	29,1	57,1	45,8
4	49,4	100,0	64,0

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>average distance of sowing in row, <sup>3</sup>emergence rate of stand, <sup>4</sup>according to number of plants, <sup>5</sup>according to number of occupied sowing distances

dobně jako tzv. dvojáky u řepy, ať právě pocházející z jednoho klubička, nebo nepravé vlivem nepřesností ve výsevu). Pro stanovení vzešlosti porostu pak takovýto shluk dvou nebo více rostlin byl považován za jednu rostlinu. Pomocí takto korigovaného počtu rost-

lin byla stanovena vzešlost porostu (tab. I, čtvrtý sloupec) a podle ní vypočítána pravděpodobnost výskytu vzdáleností rostlin v řádku. V tab. II jsou uvedeny takto vypočítané hodnoty pro variantu 1. Z údajů tab. II a grafů (obr. 1) je zřejmé, že po uvedené korekci do-



I. Procentuální rozdělení vzdáleností rostlin u variant 1 až 4 – Per cent distribution of distances of plants in treatments 1 to 4

varianta – treatment

—■— skutečné – actual

—■— teoretické – theoretical

osa x: středy intervalů – x axis: means of intervals

## II. Distribuce vzdáleností rostlin v řádku (varianta 1) – Distribution of distances of plants per row (treatment 1)

Intervaly <sup>1</sup> (mm)	Původní výskyt <sup>2</sup>	Obsazené vzdálenosti výsevu <sup>3</sup> (%)	Teoretický výskyt <sup>4</sup> (%)	Rozdíl <sup>5</sup> (%)
0–10,9	43	(shluky rostlin <sup>7</sup> )		–
11,0–32,9	64	42,95	40,71	2,24
33,0–54,5	40	26,84	24,14	2,70
54,6–76,3	19	12,75	14,31	–1,56
76,4–98,1	6	4,03	8,48	–4,45
98,2–119,9	7	4,69	5,03	–0,34
120,0–141,7	6	4,03	2,98	1,05
141,8–163,5	4	2,68	1,77	0,91
163,6–185,3	1	0,67	1,05	–0,38
185,4–207,1	0	0,00	0,62	–0,62
207,2–228,9	1	0,67	0,37	0,30
229,0–250,7	1	0,67	0,22	0,45
Celkem <sup>6</sup>	192	99,98	99,68	0,30

<sup>1</sup>intervals, <sup>2</sup>original occurrence, <sup>3</sup>occupied distances of sowing, <sup>4</sup>theoretical occurrence, <sup>5</sup>difference, <sup>6</sup>total, <sup>7</sup>clusters of plants

## III. Procento mezerovitosti porostu – Percentage of stand porosity

Varianta <sup>1</sup>	Působené částmi vzdáleností převyšujícími <sup>2</sup> (mm)	Teoretické <sup>3</sup> (%)	Skutečné <sup>4</sup> (%)	Rozdíl <sup>5</sup> (%)
1 – 40,7 % (korigovaná vzešlost porostu <sup>6</sup> )	60	24,6	21,5	–3,1
	80	15,3	13,8	–1,5
	100	9,5	8,1	–1,4
2 – 64,8 %	60	17,6	16,7	–0,9
	80	9,5	8,8	–0,7
	100	4,8	4,5	–0,3
3 – 45,8 %	60	28,5	29,8	1,3
	80	19,3	19,8	0,5
	100	12,7	12,4	–0,3
4 – 64,0 %	60	31,1	27,3	–3,8
	80	21,7	17,9	–3,8
	100	12,8	11,2	–1,6

<sup>1</sup>treatment, <sup>2</sup>caused by parts of distances exceeding, <sup>3</sup>theoretical, <sup>4</sup>actual, <sup>5</sup>difference, <sup>6</sup>corrected emergence rate of stand

chází k velmi značné shodě mezi vypočítanými údaji a hodnotami naměřenými v porostu.

Pomocí korigované vzešlosti pak byla propočítána mezerovitost porostu nad 60, 80 a 100 mm a dále přehušťení porostu působené vzdáleností výsevu a jejím dvojnásobkem. Podle těchto rozsahů byly zaříděny v porostu naměřené vzdálenosti rostlin. Výsledky obou globálních parametrů (procenta mezerovitosti a procenta přehušťení porostu) jsou uvedeny v tab. III a IV.

Přestože hodnocené soubory byly svým rozsahem poměrně omezené, rozdíly skutečných od teoretických hodnot jsou zejména u mezerovitosti porostu značně malé. Svědčí to o rozšíření platnosti modelu i na porosty zakládané výsevem s nahodilým rozdělením v řádku. Jako další důkaz platnosti poslouží i distribuce vzdáleností rostlin dvojic variant 1 a 3 (rozdíl ve vzešlosti 5 %) a zejména u variant 2 a 4 (rozdíl 1 %), je-

jichž průběh je ne náhodou velmi podobný (varianty 1 a 3) anebo téměř shodný (varianty 2 a 4).

Pro využití modelu organizace porostů sponových plodin v porostech zakládaných univerzálními secími stroji je třeba zjistit dva základní údaje: průměrnou vzdálenost výsevu v řádku a korigovanou vzešlost porostu. Vzdálenost výsevu v řádku se zjistí z počtu vysetých semen na určitou délku řádku. Stanovení korigované vzešlosti porostu usnadní použití elastického měřítka (zhotoví se ze široké prádlové gumy opatřené na koncích kroužky pro fixaci na potřebnou délku řádku, na níž se vyznačí sto stejně dlouhých políček). Na různých místech porostu se pak po natažení na stonásobek průměrné vzdálenosti výsevu v řádku zjistí počet políček obsazených rostlinami. Průměr zjištěných hodnot udává korigovanou vzešlost porostu (M i n x, 1988).

## IV. Procento přehuštění porostu – Percentage of over-density of stand

Varianta <sup>1</sup>	Působené vzdálenostmi do <sup>2</sup> 1,5; 2,5; 3,5 <i>d</i>	Teoretické <sup>2</sup> (%)	Skutečné <sup>3</sup> (%)	Rozdíl <sup>4</sup> (%)
1 – 40,7 % (korigovaná vzešlost porostu <sup>6</sup> )	< 33	16,6	19,4	2,8
	< 55	36,2	41,8	5,6
	< 77	53,7	56,1	2,4
2 – 64,8 %	< 51	42,0	47,2	5,2
	< 85	71,6	73,5	1,9
	< 119	87,2	86,2	-1,0
3 – 45,8 %	< 43	21,0	24,0	3,0
	< 73	43,7	42,3	-1,4
	< 102	62,2	57,6	-4,6
4 – 64,0 %	< 74	41,0	48,4	7,4
	< 123	70,5	72,3	1,8
	< 173	86,4	90,9	4,5

*d* = průměrná vzdálenost výsevu v řádku<sup>7</sup> (mm)

For 1, 3–6 see Tab. III, <sup>2</sup>caused by distances up to, <sup>7</sup>average distance of sowing in row

Rozšíření platnosti modelu i na porosty zakládáné výsevem univerzálními sečími stroji otevírá možnost řešení některých dalších otázek jako např. další způsob hodnocení rovnoměrnosti výsevu (výše procenta mezerovitosti a přehuštění podle rozmístění semen) a důsledků nerovnoměrnosti projevujících se na výši výnosu, vymezení rozsahu plně využitelných vzdáleností rostlinami v řádku pro další kvantifikaci produkčních předpokladů některých pěstovaných druhů (Minx, 1988 aj.), úspora osiva omezením zajišťovacího podílu výsevu (Foltýn, 1975), rozhodování o případných zaorávkách ozimů nejen podle počtu přezimovaných rostlin, ale i podle rovnoměrnosti jejich rozmístění na ploše (Foltýn, 1985) apod. Výsledky popsaného výzkumu jednoznačně napovídají, že bude žádoucí tuto problematiku dále výzkumně řešit.

## LITERATURA

- FOLTÝN, J.: Praxe a teorie výsevu obilnin. In: Sbor. Věd. Prací Symp. Agron. Fak. VŠZ Brno, 1975: 215–220.
- FOLTÝN, J.: Rostlina – architektura porostu pšenice. Úroda, 33, 1985 (3): 106–107.
- MINX, L.: Teorie a praxe základního výnosotvorného prvku porostů cukrovky. [Doktorská dizertace.] Brno, 1988. 338 s. – VŠZ.
- MINX, L. – ČAMBALOVÁ, H.: Zakládání porostů cukrovky – expertní systém. Software. Brno, VŠZ 1993.
- ROSS, J. K.: Radiacionnyj režim i architektura rastiťelnogo pokrova. Leningrad, Gidrometeoizdat 1975.

Došlo 17. 1. 1996

## Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Lubomír Minx, DrSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: 05/45 13 31 21, fax: 05/45 21 11 28

## Upozornění pro autory vědeckých časopisů

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

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

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

*Redakce časopisu*

# THE APPLICATION OF DUMAS METHOD FOR DETERMINATION OF CARBON, NITROGEN, AND SULPHUR IN PLANT SAMPLES

## STANOVENIE UHLÍKA, DUSÍKA A SÍRY V RASTLINNÝCH VZORKÁCH DUMASOVOU METÓDOU

I. Matejovič

*Research Institute of Plant Production, Piešťany, Slovak Republic*

**ABSTRACT:** Application of dry combustion (Dumas method) based analyzer CNS 2000 in determination of carbon, sulphur, and nitrogen in homogenized plants, small intact seeds and divided cereal grains is described. Accuracy, precision, and repeatability were tested, except of check samples and reference materials also in international laboratory proficiency test. Results have shown reliability of Dumas principle-based analyzer in plant analysis.

Dumas method; carbon; sulphur; nitrogen; plant analysis

**ABSTRAKT:** V práci popisujeme využitie analyzátoru CNS 2000, ktorý pracuje na princípe suchého spaľovania (Dumasovej metóde), na stanovenie uhlíka, síry a dusíka v homogenizovaných rastlinných vzorkách (pšenica, jačmeň, sója a šošovica), v malých intaktných semenách (amarantus, repka olejka a ľadenec rožkatý) a v individuálnych alebo polených cereálnych zrnách (pre šľachtiteľské účely, fyziologické a cytologické experimenty). Presnosť, správnosť a opakovateľnosť stanovenia sme okrem kontrolných vzoriek a referenčných vzoriek testovali s pozitívnym výsledkom v medzinárodnom analytickom teste International Plant-Analytical Exchange (IPE), ktorý organizuje Poľnohospodárska univerzita vo Wageningene. Opakovateľnosť v závislosti od plodiny, resp. obsahu analytu sa pohybovala v prípade uhlíka od 0,92 do 2,55, síry od 2,79 do 11,05 a dusíka od 1,15 do 2,37 %. Presnosť stanovenia v polených zrnách bola: uhlík  $\pm 1,3$ , síra  $\pm 11,7$  a dusík  $\pm 6,6$  %. Výhody automatizovanej Dumasovej metódy spočívajú najmä v dobrej zhode s výsledkami získanými Kjeldahlovou metódou, vo vysokej presnosti a správnosti výsledkov, v minimálnej úprave vzorky (prakticky len homogenizácia a v prípade drobných semien možnosť priamej analýzy), v možnosti analýzy individuálnych alebo polených zrn a stanovenia ďalších významných prvkov (najmä síry a uhlíka), vo vysokej priepustnosti vzoriek (analýza trvá okolo 4 min) a v možnosti úplnej automatizácie analytického procesu. Vylúčenie mineralizácie v prítomnosti kyseliny a ťažkého kovu eliminuje dopad na životné a pracovné prostredie.

Dumasova metóda; uhlík; síra; dusík; analýza rastlín

### INTRODUCTION

In recent papers applications of Dumas method based analyzers in plant (Jimenez, Ladha, 1993; Duan, Clercq, 1994; Simmonne et al., 1994; Matejovič, 1995), food (Bellomonte et al., 1987), and soil (Yeomans, Bremner, 1991; Soon, Abboud, 1991; Jimenez, Ladha, 1993; Matejovič, 1993) analyses have been described. In 1991 the Association of Official Analytical Chemists International (AOAC Int.) has accepted Dumas method as a recommended method for analysis of nitrogen (crude protein) in animal feed (Method 990.03) (Anonym, 1990). Later in 1995, the Association recommends the above-mentioned method also for analysis of nitrogen in fertilizers (Method 993.13), cereal grains and oilseeds (Method 992.23) but also for meat and meat products (Method 992.15) (Cunniff, 1995). Available apparatus, partly or fully automated,

allow in general, except of nitrogen, also simultaneous determination of carbon, hydrogen, oxygen or sulphur. Their principles are more or less similar and differences are given by technical solution, user-comfort and degree of automation. One of the most important difference consists in the amount of sample required for analysis. This parameter may significantly reduce applications in various areas. For example, when checking purity of organic compounds or pharmaceuticals the sample amount of several few milligrams is sufficient but not suitable for the analysis of feed, food, plants and soil. For these materials it is not so easy to provide homogeneity of sample. In this case the macro-analyzers allowing sample up to several grams are more suitable.

In this paper first experience with application of automated Dumas method (CNS 2000 Analyzer) in analysis of homogenised plant samples, small intact seeds and divided cereal grains are described. Accuracy

of method was tested in international laboratory proficiency test.

## MATERIAL AND METHODS

For analyses the CNS 2000 analyzer (LECO, Corp. St. Joseph, MI, USA) was used. The CNS 2000 analyzer is based on combustion of weighted sample (up to 4 g) in the stream of pure oxygen at the temperature up to 1350 °C. Carbon dioxide, water steam, nitrogen oxides, elemental nitrogen and sulphur oxides are potential combustion gaseous products. Passing through the columns filled with anhydron (magnesium perchlorate) removes water steam. Then the gas is transported by vacuum pump into a ballast tank, where gaseous mixture is homogenized. Thoroughly homogenized mixture is passing through two infrared detectors, where the contents of carbon dioxide and sulphur dioxide are measured. Then an aliquot part is taken into the stream of pure helium and led into the reduction zone composed of the elemental copper heated at 700 °C. In this zone nitrogen oxides are reduced into the elemental nitrogen. Column filled with anhydron and granulated sodium hydroxide removes the rest of water steam and carbon dioxide, respectively. Content of elemental nitrogen is measured by thermal-conductivity detector.

Grains of wheat, barley, and soybeans were homogenized for particle size lower than 0.05 x 0.05 mm. Prior to the analysis, plant samples were dried 24 h at the temperature of 80 °C. Approximately 200 mg of plant material was used for analysis.

Statistical analyses (linear regression and *t*-test) were performed with Statgraphics Plus Version 6 (Manugistics, Inc., Rockville, MD, USA).

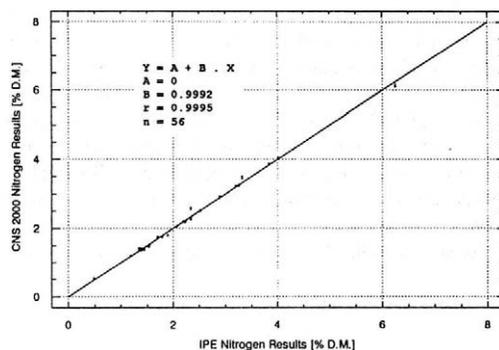
## RESULTS AND DISCUSSION

Our laboratory participates in international proficiency tests International Plant-Analytical Exchange (IPE) organized by Wageningen Agricultural University (Wageningen, the Netherlands) (Houba et al., 1991). More than 250 laboratories through the world participate in these tests. Participating laboratories receive six times six samples per year, analyse them and send results for statistical processing to Wageningen. Results are published in periodical bulletins. In these tests we have checked precision and accuracy of our analyzer and evaluated agreement between the total and Kjeldahl nitrogen (Matejovič, 1995).

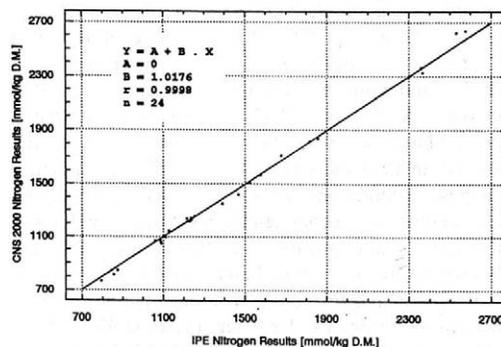
Calibration for nitrogen was performed with samples acquired from IPE. We have assumed that the medians of total nitrogen determination from IPE 1993 to 1994 are true values. Calibration obtained by this method provides accurate results in the range of natural abundance of nitrogen in plant (from 0.5 up to 7% nitrogen in dry matter). Another significant property of such calibration, owing to big heterogeneity of calibration samples used (various plant species and anatomical parts), is the minimizing of matrix effect. Fig. 1 shows

the relationship between IPE nitrogen results and values obtained by CNS 2000. The good effect of calibration can be clearly seen. Other elements – carbon and sulphur – were calibrated with sulfamethazine (LECO, Corp.). For drift correction of calibrations curve and checking of analyzer run we used internal check samples prepared from the materials, which are most frequently analysed in our laboratory. Check samples were analysed daily and were chosen according to the nature of analysed samples. Results of checking analyses have been stored and occasionally statistically analysed. Tab. I shows repeatability of determinations of individual elements in check samples given for the period of several months. Results of recalibrations (recalculated parameters of calibration curves) are stored and statistically processed (Tab. II). Good stability of slopes of calibrations curves for carbon (repeatability about 2.2%) and nitrogen (about 2.1%) is evident, a little poorer for sulphur (about 6.4%) during six months' period. In the case of sulphur we should take into account at least one order lower content than nitrogen in plant material.

Test of accuracy of nitrogen determination was performed with calibration samples (orchard leaves – LECO, Corp.) and certified reference materials ob-



1. Relationship between IPE nitrogen results and values obtained by CNS 2000 (calibration set of samples)



2. Relationship between IPE nitrogen results and values obtained in first four set of samples in IPE 1995

I. Repeatability of carbon-, sulphur-, and nitrogen-determinations (results expressed as per cent of dry matter)

Parameter	Wheat			Barley			Soybean			Lens		
	C	S	N	C	S	N	C	S	N	C	S	N
Number of analyses	73	73	73	24	24	24	23	23	23	23	23	23
Average	44.04	0.323	2.461	43.76	0.257	1.762	50.84	0.573	6.590	44.98	0.449	4.858
Median	44.20	0.323	2.462	44.10	0.248	1.778	51.08	0.567	6.590	45.09	0.449	4.853
S. D.	0.89	0.026	0.044	1.12	0.028	0.042	0.75	0.033	0.109	0.41	0.012	0.056
R. S. D.	2.04	8.12	1.80	2.55	11.05	2.37	1.48	5.77	1.66	0.92	2.79	1.15

II. Parameters of calibration curves  $y = A + Bx$  after drift corrections during six months period

Parameter	Element		
	C	S	N
Number of drift corrections	52	52	52
A	-0.176	-0.002	-12.054
S. D.	0.067	0.005	3.163
R. S. D.	38.3	248.9	26.2
B	0.722	0.920	0.662
S. D.	0.016	0.059	0.014
R. S. D.	2.2	6.4	2.1

III. Results of analyses of calibration samples and certified reference materials (results expressed as per cent of dry matter)

Material	Declared N	Determined N*
Orchard leaves	2.27 ± 0.05	2.246 ± 0.024
Orchard leaves	2.55 ± 0.05	2.566 ± 0.006
Beech leaves CRM 100	2.625 ± 0.025	2.652 ± 0.009
Spruce needles CRM 101	1.889 ± 0.018	1.898 ± 0.007
Hay powder CRM 129	3.72 ± 0.05	3.590 ± 0.011

\* Mean value of five determinations ± standard deviation are given

tained from the Bureau Community of Reference of European Community (Tab. III). Agreement between declared and obtained nitrogen results was good.

Results of nitrogen determination in IPE in four cycles in 1995 are shown in Fig. 2 and confirm a good agreement with the results obtained in our laboratory. Reproducibility determined on reference sample, which was sent in each set of samples, was 1.2%.

Possibility to analyse plant species having small seeds without homogenization was tested with samples of amaranth, rape seed, and birdsfoot trefoil (Tab. IV). There were no significant differences between homogenized and intact samples in determined content of elements mentioned.

Interesting analytical problem was the requirement of breeders for determinations of nitrogen in individual or divided grains of cereals, respectively. Such severe requirements have rational basis in the case of analysis

IV. Results of analyses of intact and homogenised seeds of amaranth, rape seed, and birdsfoot trefoil (results expressed as per cent of dry matter)

Parameter	Amaranth			Rape Seed			Birdsfoot trefoil		
	C	S	N	C	S	N	C	S	N
	intact seeds								
Number of analyses	9	9	9	7	7	7	9	9	9
Average	45.64	0.479	3.442	58.22	0.762	2.783	46.86	0.539	6.150
S. D.	0.18	0.009	0.019	0.57	0.029	0.044	0.17	0.009	0.017
R. S. D.	0.40	1.88	0.55	0.98	3.82	1.57	0.37	1.71	0.28
	homogenized seeds								
Number of analyses	9	9	9	7	7	7	9	9	9
Average	45.09	0.487	3.443	57.67	0.798	2.748	46.41	0.568	6.091
S. D.	0.24	0.020	0.102	0.35	0.013	0.053	0.18	0.025	0.096
R. S. D.	0.53	4.07	2.97	0.61	1.67	1.91	0.39	4.43	1.57

Sample weight approximately 200 mg

V. Results of analyses of half grains of winter wheat cv. Livia (results expressed as per cent of dry matter, weight in mg)

Parameter	Embryonic part				Non-embryonic part			
	weight	C	S	N	weight	C	S	N
Number of analyses	9	9	9	9	9	9	9	9
Average	0.0281	39.88	0.123	1.943	0.0211	39.26	0.122	1.872
S. D.	0.0050	0.37	0.011	0.114	0.0030	0.50	0.014	0.123
R. S. D.	17.65	0.93	9.21	5.89	14.37	1.27	11.73	6.56

of rare samples (for example from collecting missions), biological materials in first phases of breeding, or from special physiological (cytological) experiments, where a given physiological characteristic is investigated in relation to the elemental composition of the same grain. The common property of such experiments is impossibility of homogenization and replication of analysis. Thus we have assumed that the precision of analysis may be assessed on the model basis. In this experiment we used divided grains of winter wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Livia). We have distinguished between analysis of embryonic and non-embryonic parts of grains. Results of analysis of divided grains obtained with CNS 2000 analyzer are given in Tab. V. Interpretation of results should take into account the fact that also biological variability of cereal grains is added to the total variability. For example, the variability of mass of divided grains was  $\pm 20\%$ . Furthermore, it is well known that composition of grains differs in radial and axial directions in spike. Despite of the above-mentioned, the standard deviation of determinations seems to be acceptable. No statistical differences were found in sulphur- and nitrogen-content for both parts of grains. Slight but significant difference ( $\alpha = 99\%$ ) was found in carbon content in favour of embryonic part of grains.

## CONCLUSIONS

Results have confirmed suitability of Dumas method based analyzer CNS 2000 in plant analysis for carbon, sulphur, and nitrogen. Precision and accuracy of nitrogen determination were tested with certified reference material CRM 100 (beech leaves), CRM 101 (spruce needles), and CRM 129 (hay powder) as well as in international laboratory proficiency test. There is also real possibility to determine given elements in plant species having small seeds like amaranth, rape seed and birdsfoot trefoil without homogenization. For special breeding or physiological purposes the possibility to analyze divided cereal grains with satisfactory precision may be of importance.

Current practice shows that the analyzers for determination of nitrogen based on Dumas principle are very prospective in agriculture and food industry. Acceptance of the method for nitrogen determination in food and feed by the Association of Official Analytical Chemists International is the best evidence. Method is also approved by the American Association of Cereal Chemists (AACC) and the American Association of Oil Chemists (AAOC).

The advantages of automated Dumas method (dry combustion method) are as follows: results are in

a good agreement with Kjeldahl method, macrosamples (up to 4 g) provide high precision also for relative non-homogenous materials, minimal sample pre-treatment (only homogenization), possibility to determine also another important elements (carbon, sulphur, etc.), high sample throughput and avoiding of mineralization in presence of acid and heavy metal minimizes impact on environment.

## REFERENCES

- ANONYM: Changes in official methods of the Association of Analytical Chemists. First Supplement. AOAC Int. Arlington, VA. 1990.
- BELLOMONTE, G. – CONSTANTINI, A. – GIAMMARIOLI, S.: Comparison of modified automatic Dumas method and the traditional Kjeldahl method for nitrogen determination in infant food. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 70, 1987: 227–229.
- CUNNIFF, P.: Official methods of analysis of AOAC Int. AOAC Int. Arlington, VA 1995.
- DUAN, J. K. – CLERCQ, D. R. DE: Comparison of combustion and Kjeldahl methods for determination of nitrogen in oilseeds. *JAOAC*, 71, 1994: 1069–1072.
- HOUBA, V. J. G. – DER LEE, J. J. VAN – NOVOZAMSKY, I.: Organisation and purpose of two continuous international ring tests for soil and plant material. *Analysis*, 19, 1991: 145–149.
- JIMENEZ, R. R. – LADHA, J. K.: Automated elemental analysis: A rapid and reliable but expensive measurement of total carbon and nitrogen in plant and soil samples. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 24, 1993: 1897–1924.
- MATEJOVIČ, I.: Determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in soils by automated elemental analysis (dry combustion method). *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 24, 1993: 2213–2222.
- MATEJOVIČ, I.: Total nitrogen in plant material determined by means of dry combustion: A possible alternative to determination by Kjeldahl digestion. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 26, 1995: 2217–2229.
- SIMMONNE, E. H. – MILLS, H. A. – JONES, J. B. jr. – SMITTLE, P. A. – HUSSEY, C. G.: A comparison of analytical methods for nitrogen analysis in plant tissues. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 25, 1994: 943–954.
- SOON, Z. K. – ABBOD, S.: A comparison of some methods for soil organic carbon determination. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 22, 1991: 943–954.
- YEOMANS, J. C. – BREMNER, J. M.: Carbon and nitrogen analysis of soils by automated combustion techniques. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 22, 1991: 843–850.

Received on November 13, 1995

Contact Address:

Ing. Igor Matejovič, CSc., Výskumný ústav jadrových elektrární, Okružná 5, 918 64 Trnava, Slovenská republika, tel.: 0805/60 55 44, fax: 0805/912 64

# THE EVALUATION OF PROGENIES FROM HOP CROSSBREEDINGS (*HUMULUS LUPULUS* L.) WITH THE PREFERENCE OF BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS

HODNOCENÍ POTOMSTEV KŘÍŽENÍ CHMELE (*HUMULUS LUPULUS* L.)  
S PREFERENCÍ BIOCHEMICKÝCH CHARAKTERISTIK

V. Fric, A. Rígr, F. Beránek, K. Krofta, F. Kroupa

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

**ABSTRACT:** The gene pool of new bred hybrids includes 6 500 to 7 000 individuals in station trials. Each year 50% of this gene pool is altered by progenies from approximately 30 various new crossbreedings. The best seedlings are transferred to the nursery plot of mother strains (HŠKM), which had 674 various genotypes in the year 1995. Considerable shift in demands to new hop varieties brought out the need for re-evaluation of the current gene pool. Chromatography analyses of hop bitter acids and hop essential oils have enabled to determine some biochemical characteristics of new cultivars. In 1995 these analyses were performed with 104 hybridides. The results of analyses showed that the collection of tested hybrids represents the genotypes of all quality groups of hops. In the future the whole hybrid collection is supposed to be evaluated in the same way with the aim concentrated on aroma hops, which would considerably get over current aroma varieties in the yield and alpha-bitter acids content.

hop; breeding; hybridization; biochemical characteristics; progenies

**ABSTRAKT:** Genofond hybridního původu dosahuje v staničních pokusech (HŠ) 6 500 až 7 000 jedinců. Ročně je z 50 % obměňován potomstvem cca 30 různých křížení. Výběry jsou přenášeny do hybridní školky kmenových matek (HŠKM), která v roce 1995 dosáhla rozsahu 674 genotypů. Výrazný posun v požadavcích na nové odrůdy vyvolal potřebu biochemického přehodnocení genofondu. Metody vysokotlaké kapalinové chromatografie a plynové chromatografie umožnily stanovit biochemický charakter, daný skladbou chmelové pryskyřice a chmelové silice, u 104 výběrů z HŠKM v roce 1995. Jsou zaznamenány genotypy všech uznávaných kvalitativních skupin chmelů. Biochemicky bude přehodnocen celý soubor HŠKM s cílem zachytit zejména aromatické typy chmele, které výrazně překonají tradiční jemně aromatický chmel a v kvalitě mu budou blízké.

chmel; šlechtění; hybridizace; biochemické charakteristiky; potomstva

## INTRODUCTION

Czech hop industry has been exclusively aimed at fine aroma types of hops which are represented by varieties from the group of Saaz semi-early red-bine hops. In spite of its indisputable quality and importance for higher-grade beer production it seems to be more difficult to be successful on international hop market. It is connected not only with changes in brewing technology, lower sale opportunities and surplus of hop production but with the changes regarding to hop appreciation and tendencies to divide hop varieties only in to two groups as well (Fric, 1996). The prices are more and more derived from alpha-bitter acids content. The prices differences of individual groups of hop varieties are lower and lower. This trend is unfavourable for aroma hops.

In the recent years international hop market had a tendency to distinguish two basic groups of hop varieties: aroma hops with pure hop aroma and bitter hops with high content of alpha-bitter acids (Čepička, 1995). Both groups have specified detailed biochemical characteristics (Haunold, 1988; Maier, 1995), which are given by composition of hop bitter acids and hop essential oils. Original aroma hop varieties, including fine aroma hops, have lower efficiency from the yield and alpha-bitter acids' content point of view. New generation of foreign hybrid hop varieties have higher performance (higher yield and alpha-bitter acids content) and comparable quality. The intervals of individual parameters of aroma hop biochemical characteristics are wider.

The extension of varietal assortment to all groups of hop varieties, which are demanded, is desirable today.

This is the chance for application of new aroma hybrid hop varieties, built up on the basis of traditional fine aroma hops.

## MATERIAL AND METHODS

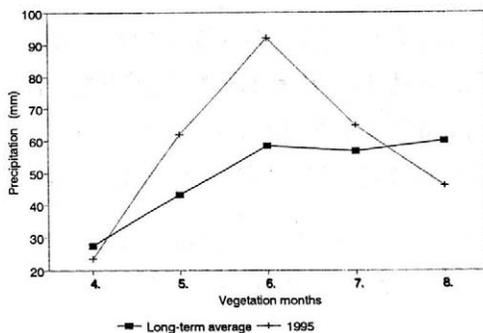
Hybrid nursery (HŠ), which has 6 500 to 7 000 individuals is the first site of hop breeding material testing gained by hybridization. Each year 50% of this gene pool is altered by progenies from approximately 30 various new crossbreedings. On the basis of the positive selections hybrid nursery of mother strains (HŠKM) is established. All individuals have detailed multi-year cycle of the evaluation.

HŠKM plant cover is planted in the spacing of 300 x 100 cm, on two plants per selection without repetition. Four shoots are trained on two wires. Selections are harvested separately. An average sample is taken away from all plants of the selection. Fresh samples are dried in a chamber drier under the temperature of 50 to 60 °C and stored at a cold and dark place until processing.

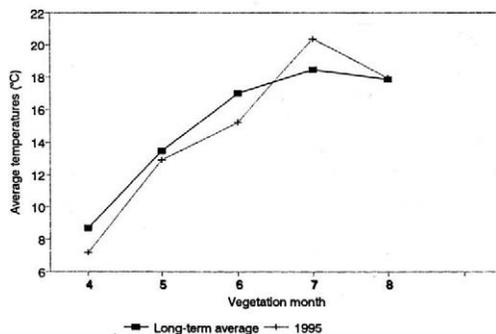
HŠKM hybrid collection had 674 individuals in the year 1995. A set of 104 hybrids was chosen for detailed biochemical analyses (hop resins and hop oils determination). Hop resins were analysed by HPLC method according to EBC 7.4.1 method. Hop essential oils were determined on GC-MS chromatography system. All analyses were performed at chemical department of the Hop Research Institute. In tables enclosed, the results of yield, content of alpha-bitter acids, cohumulone and farnesene proportions are given. This parameters are ordered for ten most performing selections. Biochemical characteristics, however, include many other parameters. Their evaluation depends on breeders' decision.

## RESULTS AND DISCUSSION

Considerable fluctuations of the contents and composition of hop chemical components, which is brought up by weather conditions of the current year, is a verified fact. The growing season of 1995 can be generally evaluated as an average without conspicuous extremes. The temperatures and precipitation in July and August were in very good compliance with long-term average values at the stand (Figs 1, 2). Summer is a decisive time for brewing valuable components forming in hop cones. Cold and rainy weather at the end of August had not an essential influence on cones maturation. From many results of biochemical analyses the most important are given in Tabs I, II. Alpha-bitter acids content is a decisive criterion for inclusion of hybrids in the group of high-alpha hops. Two different methods were used for this purpose. Wollmer method gives higher contents in comparison with HPLC method (Tab. I). High identity in order of individual hybrids is evident



1. The course of precipitation during vegetation season (Zatec)



2. The course of temperatures during vegetation season (Zatec)

if the results of both methods are compared. The most performing hybrids, which meet requirements for high-alpha hops, have alpha-bitter acids content higher than 10% w/w. Hybrids 4587 and 4382 can be included in the group of so-called super-alpha varieties.

Cohumulone content in alpha-bitter acids is another quality parameter. Its high proportion have an adverse influence on the beer bitterness. Therefore cohumulone content above 25 to 30% rel. is not desirable. The hybrids with the most favourable cohumulone proportion are given in Tab. II.

Farnesene content in hop essential oils is an important criterion for hop varieties classifying the group of aroma cultivars. Minimum level of 5 to 10% is the prerequisite for inclusion the hybrids in this group. A subgroup of fine aroma hops, with farnesene content above 14 to 15% is often separated. Saaz semi-early red-bine hops are typical representatives of this subgroup. It has not been yet unambiguously stated if farnesene or any other hop oils components have a dominant role in the beer hop aroma forming. Last research shows that mutual ratio of individual hop essential oils components (humulene, caryophyllene, farnesene, selinene, cadinene) and synergic effects among components proportions have a decisive influence on hoppy taste of beer. These effects are most favourable in fine

I. The summary of the most performing selections from alpha-bitter acids content aspect (Žatec, HŠKM 1995)

Order	HŠKM index	Alpha-bitter acids (%)		Cohumulone (% rel.)	Farnesene (% rel.)	Yield (kg/plant)
		Wöllmer	HPLC			
1	4 587	15.30	12.85	34.60	0.00	4.74
2	3 589	11.70	11.08	22.10	8.40	1.36
3	4 382	12.00	10.27	28.60	0.40	1.52
4	4 501	11.90	10.12	22.20	0.00	3.36
5	4 330	9.60	9.64	28.10	6.30	5.34
6	4 332	9.50	9.62	29.90	0.40	4.74
7	4 586	9.90	9.52	35.90	0.30	1.12
8	4 534	9.50	9.49	24.80	0.30	3.36
9	4 562	9.40	9.39	32.20	0.20	2.32
10	4 527	9.40	9.32	28.70	0.40	2.90

Yield is given in kg of fresh hops

II. The summary of the best selections according to cohumulone contents (Žatec, HŠKM 1995)

Order	HŠKM index	Alpha-bitter acids (%)		Cohumulone (% rel.)	Farnesene (% rel.)	Yield (kg/plant)
		Wöllmer	HPLC			
1	4 569	5.10	4.15	22.70	0.30	4.02
2	4 561	9.90	9.26	22.80	0.10	1.36
3	4 572	5.30	4.18	22.90	0.50	1.90
4	4 385	7.10	6.00	22.90	0.20	4.06
5	4 429	7.00	5.45	23.00	19.10	3.94
6	4 237	5.50	3.83	23.10	21.30	2.90
7	4 144	7.40	5.86	23.10	11.60	2.74
8	4 599	9.50	7.71	23.30	3.50	5.66
9	4 334	8.60	7.50	23.30	0.20	1.94
10	4 571	7.20	5.61	23.30	0.20	3.52

Yield is given in kg of fresh hops

aroma hops. Tab. III shows the selections with the highest farnesene proportion, hybrid 4429 can be considered as a very promising one.

The evaluation of yield parameters is not a biochemical characteristic but it is an important economic aspect of a prospective variety. The height of yield gives the estimate of bitter-acids production based on planted area. The yields range in the interval of 1.12 and 6.0 kg of fresh hops per plant. The most performing hybrids (ten seedlings, Tab. IV) give yields higher than 5 kg of fresh hops. It represents a yield potential of more than 3 t of dried hops and 300 kg of pure bitter-acids per hectare.

## CONCLUSIONS

The evaluation of hop breeding material is a complex process, which comprises evaluation of both plants and hop cones. Biochemical characteristics as an objective point of view have gained importance in connection with the changes in varietal classification and

utilization of various hop varieties in brewing industry. Increasing economic pressure of hop users enforces an introduction of the new hop varieties.

Breeding of Czech hops has been preferably performed by mass selection up to now. This gene pool is however relatively exhausted. The supposition of the rise and catching of economically utilizable somatic mutations is very low. Mass selection has ensured the preservation of economic uniformity of new varieties and close structure of brewing valuable components. Owing to the release of the strict measures in the varietal structure, the future development of hop hybridization and new hop genotypes application is possible. Extensive gene pool of hybrid origin, which could not be realized before, is concentrated in the station trials. That is the reason why it has not been tested yet by biochemical analyses.

Chromatographic methods are widely used for this purpose. First application of these methods for testing of hybrid initial plant material proved that this gene pool enables to gain genotypes fully comparable with foreign hop varieties. Hop breeding is an expensive and

III. The summary of the best selections according to farnesene contents (Žatec, HŠKM, 1995)

Order	HŠKM index	Alpha-bitter acids (%)		Cohumulone (% rel.)	Farnesene (% rel.)	Yield (kg/plant)
		Wöllmer	HPLC			
1	4 237	5.50	3.83	23.10	21.30	2.90
2	4 429	7.00	5.45	23.00	19.10	3.94
3	4 234	6.70	5.24	26.20	18.30	5.76
4	3 558	4.70	4.70	28.40	17.90	1.28
5	4 617	10.60	8.79	28.80	17.40	3.46
6	3 560	4.10	4.00	21.00	17.00	1.24
7	4 111	6.90	5.64	26.20	15.40	4.12
8	4 563	9.20	8.61	24.30	15.30	2.68
9	4 248	5.20	4.59	26.80	14.60	3.40
10	4 145	8.90	6.75	23.50	14.20	5.12

Yield is given in kg of fresh hops

IV. The summary of the most yielding selections (Žatec, HŠKM, 1995)

Order	HŠKM index	Alpha-bitter acids (%)		Cohumulone (% rel.)	Farnesene (% rel.)	Yield (kg/plant)
		Wöllmer	HPLC			
1	4 548	7.50	7.34	27.40	0.20	6.00
2	4 234	6.70	5.24	26.20	18.30	5.76
3	4 309	7.90	6.15	39.20	0.50	5.68
4	4 599	9.50	7.71	23.30	3.50	5.66
5	4 258	5.20	5.13	25.80	0.00	5.36
6	4 360	7.80	7.00	22.00	0.90	5.36
7	4 567	5.60	5.00	26.20	6.60	5.30
8	4 312	4.40	4.24	33.30	0.00	5.20
9	4 435	9.80	7.54	19.50	0.30	5.16
10	4 145	8.90	6.75	23.50	14.20	5.12

Yield is given in kg of fresh hops

lengthy process, which is a risk in anticipation of utilizable results. Therefore detailed examination and maximal utilization of the whole gene pool to a high degree is necessary before exertion of the next means and efforts.

REFERENCES

ČEPIČKA, J.: The prospectives of aroma hops. In: Hop growing, Žatec, CHI 1995: 32–36. (In Czech.)

FRIC, V.: The present and prospective of Czech hop research. *Chmelařství*, 69, 1996 (1): 1–4. (In Czech.)

HAUNOLD, A.: Detailed explanation of triploid hop breeding program. *Brew. Digest*, 63, 1988: 40–41.

MAIER, J.: Hops and beer-brewing trials with new hop varieties. In: Proc. Sci. Comm. IHB, Strassbourg, France, July 1995.

Received on February 2, 1996

Contact Address:

Prof. Ing. Václav Fric, DrSc., Chmelařský institut, spol. s r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, Česká republika, tel.: 0397/20 61, fax: 0397/20 64

# BREWING VALUE AND CLASSIFICATION OF HOP BREEDING MATERIAL

## PIVOVARSKÁ HODNOTA A KLASIFIKACE ŠLECHTITELSKÉHO MATERIÁLU CHMELE

K. Krofta, F. Kroupa, A. Rígr, F. Beránek

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

**ABSTRACT:** The analyses of hop bitter acids and hop oils were made in more than one hundred hop seedlings from breeding nursery of the Hop Research Institute. Hop resins and hop essential oils are the most important hop components from beer production aspect. In the recent years international hop market has had a tendency to distinguish only two basic varietal groups – aroma hops and high-alpha hops. The attempts to repress fine aroma hop varieties as an independent group are evident. The results of analyses show that collection of tested hybrids represents a wide spectrum of various genotypes from aroma to high-alpha hops. The content of alpha-bitter acids in analysed hybrids is in the range of 2.6 to 12.8% w/w. Humulene content in hop oils is predominantly in the range of 10 to 40% rel., have normal distribution with the mean value 25%. On the other hand, farnesene proportion has distinctly bimodal distribution. It proves that its content is either significant (> 10%) or negligible (< 2%). It can be stated that the collection of tested hybrids is a suitable basis for subsequent selection and breeding of all economically significant types of hops. The results of analyses show that collection of tested hops represents a wide spectrum of various genotypes from aroma to high-alpha hops. It is the suitable basis for subsequent selection and breeding of all economically significant types of hops.

hop resins; hop essential oils; alpha- and beta-bitter acids; hop breeding; hop varieties; brewing value; HPLC; gas chromatography

**ABSTRAKT:** U souboru více než sta semenáčů z hybridní školky kmenových matek (HŠKM) Chmelářského institutu bylo provedeno biochemické testování stanovením složení chmelových pryskyřic a chmelových silic. Chmelové pryskyřice a silice jsou z pivovarského hlediska nejdůležitějšími složkami chmelových hlávek. V posledních letech se v mezinárodním obchodu s chmelem projevuje tendence rozlišovat chmelové odrůdy pouze na dvě základní skupiny – aromatické chmele a chmele vysokoobsažné, přičemž se zjevně potlačuje odlišování jemných aromatických chmelů, jejichž typickým příkladem je Žatecký poloraný červeňák. Obě skupiny odrůd mají zpracována kritéria daná obsahem a složením chmelových pryskyřic a silic. Výsledky analýz ukázaly, že testovaný soubor hybridů představuje široké spektrum různých genotypů od aromatických až po vysokoobsažné. Obsah alfa-hořkých kyselin se pohyboval v rozmezí 2,6 až 12,8 % hmotn. Analýza obsahu některých významných složek chmelových silic ukázala, že obsah humulenu má normální rozdělení se střední hodnotou v intervalu 20 až 30 % rel. Naproti tomu zastoupení farnesenu má rozdělení bimodální, což znamená, že jeho obsah ve chmelových silicích je buď výrazný (> 10 %), nebo zanedbatelný (< 2 %). Celkově lze konstatovat, že testovaný soubor hybridů představuje vhodný základ pro následnou selekci a šlechtění všech hospodářsky významných typů chmelů.

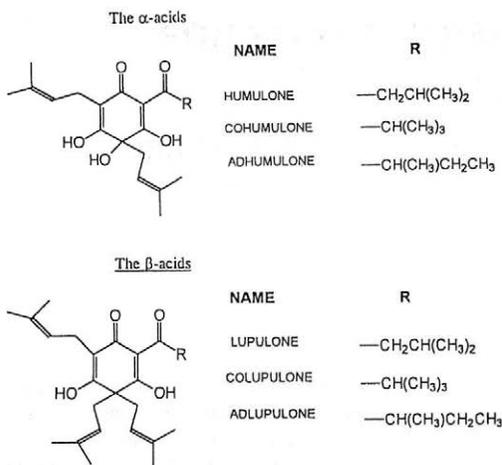
chmelové pryskyřice; chmelové silice; alfa- a beta-hořké kyseliny; šlechtění chmele; chmelové odrůdy; pivovarská hodnota; HPLC; plynová chromatografie

### INTRODUCTION

Hops are one of the basic materials for brewing industry. They contain huge quantities of various components from chemical point of view. Hop resins, essential oils and hop polyphenols are most applied in brewing technology process. While many discussions regarding to the role of hop polyphenols are still under way and opinions are various, priority role of hop resins to beer bitterness forming is unquestionable. Alpha- and beta-bitter acids are the most important compo-

nents of hop resins. They form a part of the so-called soft resins and consist of a mixture of several humulone, resp. lupulone analogues (Fig. 1). Cohumulone, humulone and adhumulone in alpha-bitter acids, resp. colupulone, lupulone and adlupulone in beta-bitter acids prevail in natural mixtures of hop resins according to the variety and maturity stage.

Hop essential oils are an other hop significant component. They are the carrier of the typical hop aroma and consist of nearly 300 components identified up to the present time. Hop oils are formed by hydrocarbon



1. Structures of hop bittering components

fraction (~ 75%) and oxygen fraction (~ 25%), a small part is formed by sulphur compounds (~ 0.1%). Proportion of individual components is not uniform, some of them occur significantly while others are found in trace amounts.

Hop resins and hop oils analyses, especially with employment of modern chromatography methods prove that hop bitter acids and hop essential oils composition have in some parameters varietal stability. It is the question of cohumulone proportion in alpha-bitter acids, colupulone proportion in beta-bitter acids, contents and mutual ratios of some hop oils components (humulene, caryophyllene, farnesene). With increasing number of new hop varieties particularly in the second half of the 20th century and development of analytical hop chemistry, attempts to classify hop varieties to quality groups naturally appeared. Some authors (Maier, 1979) aimed solely at hop oils evaluation. Kralj et al. (1991) evaluated a few tens of hop oils components and with the aid of statistical methods divided hop varieties into 14 groups. Freundorfer et al. (1991) studied hop oils composition in not only raw hops, but in hop pellets and extracts as well. Kennedy (1990) and Foster et al. (1994) evaluated hop varieties in more complex way, i.e. according to hop resins and hop oils composition. Foster suggested to classify hop varieties into five groups when in the group of aroma hops separate classic fine aroma hops (Saazer, Tettngang) as a quality standard.

In the recent years international hop trading has a tendency to distinguish only two basic varietal groups – aroma hops and high-alpha hops. High-alpha hops, resp. the so-called super-alpha varieties are marked by high content of alpha-bitter acids (> 10% w/w, preferably 12 to 16% w/w) and high yield. They are sold on the basis of the pure alpha-bitter acids mass. Bitter hops are used predominantly for hop extract production, which are an important component of hopping technol-

ogy prescriptions nowadays. Breeding of new more and more performing hop varieties is one of the hop breeding priorities. The merit of aroma varieties is, like the term suggests, the fine hop aroma. Content of alpha-bitter acids is not usually too high (< 5% w/w), but due to favourable hop oils composition are very demanded on the market. In the recent 20 to 30 years a gradual decline of efficiency in fine aroma hops has been recorded. Hop resins content is unstable, prone to heavy fluctuations and gradually declines (Krofta, 1995). Therefore in the recent years the effort of hop breeders is aimed at breeding such aroma hybrid hop varieties, which would hold as much traits of original fine hops as possible and have higher yield and alpha-acids content simultaneously. Both breeding lines mentioned above are followed at the Hop Research Institute too. Analyses of hop bitter acids and hop oils are performed on the large group of new bred seedlings. Results of these analyses and new-bred unfinished seedlings evaluation from the point of view of varietal classification and brewing value is the main topic of this paper.

## MATERIAL AND METHODS

Approximately 30 new crossbreedings are made in the Hop Research Institute every year. Roughly three thousand seedlings from received progenies are planted at the site for detailed evaluation. From this amount several tens plants are selected for further breeding. Selections from progenies are placed in a hybrid nursery of mother strains (HŠKM). Selections are harvested separately. An average sample taken away during harvest is dried and stored in cold and dark place until processing. In the year 1995 biochemical testing of 104 selections were done with the aid of hop resins and hop oils analyses.

Hop bitter acids were analysed by high performance liquid chromatography (HPLC) method E.B.C. 7.4.1 as modified by Bloomfield et al. (1986). HPLC analyses were carried out on liquid chromatograph Shimadzu LC 10A with diode array detector. HPLC conditions were as follows: column Spherisorb ODS, 5  $\mu\text{m}$ , 4.6 x 250 mm, detector  $\lambda = 270 \text{ nm}$ , temperature 40  $^\circ\text{C}$ , mobile phase: methanol-water-phosphoric acid-tetramethylammonium hydroxide 800/200/10/26 (v/v), flow rate 0.8 ml/min. Hop essential oils were isolated from hops by steam distillation at 100  $^\circ\text{C}$  (Wright, Connery, 1951). GC analyses were carried out on gas chromatograph Varian 3400 with mass detector Finnigan MAT ITD 800 and capillary column DB-5, 30 m, ID 0.25  $\mu\text{m}$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

The results of hop bitter acids and hop oils analyses of selected group of seedlings from the crop 1995 are summarized in Tab. I. The most important terpenic

## I. Evaluation of hop resins and hop essential oils – HŠKM (crop 1995)

Sample index	Alpha-bitter acid (% w/w)	Beta-bitter acid (% w/w)	Ratio alpha/beta	Cohumulone (% rel.)	Colupulone (% rel.)	Myrcene (% rel.)	Caryophyllene (% rel.)	Humulene (% rel.)	Farnesene (% rel.)
3231	8.39	5.35	1.57	20.9	39.6	42.2	12.0	21.6	1.9
3558	4.70	3.50	1.34	28.4	47.5	28.7	6.1	16.9	17.9
3560	4.00	3.07	1.30	21.0	37.6	35.6	6.7	17.2	17.0
3589	11.08	4.86	2.28	22.1	42.6	37.8	5.5	20.4	8.4
3590	5.97	4.17	1.43	34.9	54.0	28.5	13.0	27.9	1.2
3620	3.57	3.66	0.98	30.2	50.7	38.3	9.1	22.3	14.1
3645	5.68	4.54	1.25	26.2	46.8	50.0	4.8	15.3	11.6
3655	6.75	3.71	1.82	28.2	49.1	26.7	10.1	24.3	13.6
4093	7.40	4.41	1.68	37.0	54.7	45.4	6.3	28.3	8.8
4111	5.64	3.09	1.83	26.2	47.7	42.1	6.3	16.1	15.4
4143	4.25	6.66	0.64	23.4	42.2	43.8	10.4	25.8	< 0.1
4144	5.86	5.06	1.16	23.1	43.2	39.7	6.1	18.5	11.6
4145	6.75	5.69	1.19	23.5	44.4	36.2	5.3	17.1	14.2
4146	5.47	4.63	1.18	27.7	49.3	29.4	13.4	30.1	0.6
4167	3.78	4.55	0.83	24.4	43.2	34.7	7.1	17.7	14.1
4234	5.24	5.65	0.93	26.2	47.3	35.1	8.8	19.6	18.3
4237	3.83	3.49	1.10	23.1	41.4	21.8	8.3	21.7	21.3
4240	7.61	4.49	1.69	25.8	47.7	47.0	9.9	24.9	< 0.1
4241	5.77	5.00	1.15	25.7	47.7	33.5	10.2	25.8	6.7
4248	4.59	4.07	1.13	26.8	47.0	34.1	9.2	22.7	14.6
4255	6.20	4.96	1.21	20.1	40.6	36.2	9.4	31.5	1.4
4258	5.13	4.54	1.13	25.8	45.6	23.9	15.1	36.0	< 0.1
4260	5.85	3.6	1.63	28.6	46.6	32.5	10.6	28.6	5.9
4261	4.55	4.64	0.98	30.1	50.1	38.3	8.2	25.3	0.2
4303	4.43	3.92	1.13	27.9	47.8	19.2	17.4	38.5	0.2
4306	3.68	3.78	0.97	32.0	51.8	22.6	15.7	37.0	0.4
4307	4.00	5.24	0.76	32.0	49.3	35.7	12.2	32.6	0.2
4309	6.15	5.11	1.20	39.2	61.1	33.4	14.6	31.2	0.5
4312	4.24	3.15	1.35	33.3	52.6	56.5	4.6	14.1	< 0.1
4330	9.64	4.42	2.18	28.1	47.5	55.5	5.5	14.4	6.3
4332	9.62	3.71	2.59	29.9	48.9	47.7	14.2	1.9	0.4
4334	7.50	4.12	1.82	23.3	41.2	37.0	8.2	24.4	0.2
4353	4.65	6.14	0.76	24.4	41.4	44.4	7.3	21.5	0.2
4356	8.65	7.85	1.10	22.5	39.8	51.2	5.1	16.1	< 0.1
4357	7.41	6.37	1.16	21.0	39.3	43.1	7.7	23.8	0.1
4360	7.00	5.40	1.30	22.0	42.1	30.4	8.9	26.1	0.9
4362	9.23	6.23	1.48	27.7	47.0	40.9	10.4	25.5	0.4
4365	3.76	7.08	0.53	25.3	39.8	45.8	9.8	20.7	0.4
4368	6.20	5.94	1.04	20.5	38.5	33.7	6.1	20.1	12.8
4372	6.69	3.55	1.88	26.0	47.2	31.9	9.8	26.3	1.4
4375	4.12	5.29	0.78	20.4	39.8	40.6	12.7	23.6	0.2
4376	8.61	5.11	1.68	27.8	50.0	25.1	6.3	13.4	2.1
4377	7.03	3.57	1.97	24.2	43.7	29.9	9.3	23.1	0.8
4380	4.92	4.01	1.23	29.8	48.5	37.7	6.9	23.3	13.2
4382	10.27	5.20	1.97	28.6	47.8	46.5	9.9	23.5	0.4
4385	6.00	4.89	1.23	22.9	42.5	47.3	9.5	18.8	0.2
4395	4.00	4.43	0.90	24.2	43.8	34.5	11.7	35.1	1.2

Sample index	Alpha-bitter acid	Beta-bitter acid	Ratio	Cohumulone	Colupulone	Myrcene	Caryophyllene	Humulene	Farnesene
	(% w/w)	(% w/w)	alpha/beta	(% rel.)	(% rel.)	(% rel.)	(% rel.)	(% rel.)	(% rel.)
4397	4.75	4.24	1.12	27.2	45.6	24.2	9.1	30.2	1.0
4398	-	-	-	-	-	24.9	11.0	33.5	1.5
4404	5.95	4.69	1.27	23.7	42.7	43.8	12.1	24.3	0.1
4428	4.65	5.06	0.92	21.7	41.0	39.1	6.9	18.3	9.7
4429	5.45	6.00	0.91	23.0	43.3	30.2	7.8	20.5	19.1
4430	3.64	7.12	0.51	19.7	37.2	49.4	9.9	19.7	0.8
4431	5.93	5.09	1.16	20.2	40.5	45.2	6.5	17.2	0.5
4434	8.46	4.65	1.82	20.9	41.2	39.9	7.5	22.4	3.3
4435	7.54	4.46	1.69	19.5	40.1	35.4	11.5	28.8	0.3
4449	4.52	3.19	1.42	23.6	42.5	33.0	9.7	26.3	8.6
4469	6.28	3.77	1.67	25.0	45.3	47.3	7.0	22.9	6.6
4475	5.55	4.25	1.31	21.2	38.8	38.0	10.1	34.4	0.7
4477	5.62	5.74	0.98	23.7	44.2	34.5	8.3	26.7	0.3
4501	10.12	4.55	2.22	22.2	42.4	48.6	14.9	15.9	< 0.1
4523	5.96	4.55	1.31	26.5	46.3	37.6	6.9	20.0	12.7
4527	9.32	3.76	2.48	28.7	46.7	33.7	10.1	23.4	0.4
4528	8.55	7.03	1.22	26.2	45.7	45.2	10.0	30.6	0.7
4529	8.38	5.75	1.46	25.2	42.6	17.5	6.7	25.8	0.1
4534	9.49	3.83	2.48	24.8	42.7	39.5	8.2	21.4	0.3
4535	8.33	3.57	2.33	30.1	48.2	36.4	7.7	21.0	0.4
4537	7.64	3.65	2.09	23.9	40.8	26.7	8.5	21.0	2.0
4546	7.32	3.55	2.06	27.4	45.1	27.6	12.1	31.8	< 0.1
4548	7.34	4.36	1.68	27.4	45.4	32.7	15.9	28.6	0.2
4561	9.26	4.23	2.19	22.8	41.1	28.1	8.8	22.9	0.1
4562	9.39	3.61	2.60	32.2	48.9	35.5	8.7	26.8	0.2
4563	8.61	4.76	1.81	24.3	45.4	23.9	7.0	24.2	15.3
4565	2.56	5.86	0.44	21.7	39.0	30.9	8.4	22.9	12.9
4566	8.22	4.69	1.75	22.1	42.0	33.6	10.1	31.9	0.7
4567	5.00	5.80	0.86	26.2	44.0	28.7	2.9	10.4	6.6
4568	3.49	4.65	0.75	27.3	44.1	39.4	7.1	22.0	10.3
4569	4.15	4.21	0.99	22.7	41.8	49.6	10.6	16.9	0.3
4570	4.92	2.74	1.8	26.3	45.8	30.0	12.4	33.5	< 0.1
4571	5.61	3.37	1.66	23.3	42.2	28.8	16.2	34.4	0.2
4572	4.18	2.49	1.68	22.9	39.7	33.5	11.9	29.7	0.5
4573	4.84	4.30	1.26	34.1	54.1	41.1	13.0	26.3	< 0.1
4575	4.75	3.85	1.23	24.6	45.1	30.3	11.5	29.9	0.3
4576	4.35	4.84	0.90	31.4	49.3	40.4	8.1	25.0	0.4
4577	7.21	5.32	1.36	22.6	42.7	35.9	12.4	27.8	< 0.1
4578	3.84	3.44	1.12	27.4	44.8	18.3	11.7	31.2	11.6
4579	3.82	3.23	1.18	27.5	45.6	32.1	9.9	26.6	0.6
4584	7.06	4.21	1.68	27.0	45.8	17.8	11.7	27.0	1.0
4586	9.52	4.60	2.07	35.9	55.0	32.1	10.4	18.4	0.3
4587	12.85	4.89	2.63	34.6	54.5	41.7	9.6	27.3	< 0.1
4597	5.92	4.65	1.27	25.3	43.8	34.2	13.9	30.9	< 0.1
4599	7.71	2.87	2.69	23.3	42.9	29.4	10.7	27.7	3.5
4600	6.41	3.11	2.06	26.8	48.6	31.8	11.6	28.8	4.0
4604	8.74	3.35	2.61	26.3	44.5	34.5	7.9	28.7	0.4

Sample index	Alpha-bitter acid (% w/w)	Beta-bitter acid (% w/w)	Ratio alpha/beta	Cohumulone (% rel.)	Colupulone (% rel.)	Myrcene (% rel.)	Caryophyllene (% rel.)	Humulene (% rel.)	Farnesene (% rel.)
4606	4.76	4.57	1.04	27.2	47.7	38.6	10.4	30.8	0.3
4608	4.11	5.77	0.71	32.6	51.0	31.9	12.9	34.6	0.1
4609	8.16	3.81	2.14	26.6	47.5	44.9	7.9	26.2	< 0.1
4610	6.14	2.73	2.25	49.8	60.6	36.0	11.8	32.5	0.3
4611	6.32	2.45	2.58	33.7	50.5	33.0	9.5	26.7	0.1
4613	5.57	3.39	1.64	25.7	46.8	35.3	12.5	33.2	< 0.1
4617	8.79	3.57	2.46	28.8	46.2	37.8	7.8	16.2	17.4
4621	8.33	3.41	2.44	29.8	46.5	27.8	10.3	29.2	2.2
4622	5.63	2.22	2.54	23.6	44.7	16.1	13.5	42.7	1.6
4624	5.17	1.97	2.62	24.6	43.8	14.1	14.2	35.4	2.6

hydrocarbons contents were evaluated in hop oils (myrcene, humulene, caryophyllene, farnesene). The results show that tested hybrids represent a wide spectrum of various genotypes. Characteristic parameters of hop resins and essential oils keep within relatively broad limits, see Tab. II.

The analogous evaluation of some foreign hop varieties grown in worldwide collection of the Hop Research Institute is given for comparison in Tab. III. As it has been stated in the introduction, world hop market distinguishes hop varieties to aroma and high-alpha ones, while there is an evident effort to repress separation of fine aroma hops (Saaz, Tettnang, Spalt). Both quality groups of hop varieties are characterized by a set of parameters (Tab. IV), which specify hop resins and hop oils composition (Haunold, 1988; Maier, 1995).

Content of alpha-bitter acids (Tab. II) in analysed new-bred hybrids is in the range of 2.6 to 12.8% w/w and covers a wide spectrum from aroma to high-alpha hops. Interval distribution of hybrids numbers according to alpha-bitter acids content gives the following values:

Alpha-bitter acids content	< 4.0	4.0-7.0	7.0-10.0	10.0-12.0	> 12.0
Number	10	55	34	3	1

The hybrids with content of alpha-bitter acids less than 4% were omitted from subsequent evaluation, because in accordance with the principles of modern hopping, they have minute prospective in brewing industry. Aroma hops with alpha-bitter acids content lower than 4% are in common use today. A bottom limit of alpha-acids content in the range of 3 to 4% w/w for aroma hops can be considered as acceptable in the future. In connection with alpha-bitter acids content emphasis is laid on cohumulone proportion. The cohumulone appears to be more easily soluble in wort. Iso-cohumulone, which is produced from cohumulone during wort boiling by isomerization, imparts beer stronger and more sustained bitter impression. There-

## II. Range of characteristic parameters

Parameter	Unit	Range
Alpha-bitter acids	% w/w	2.56-12.85
Beta-bitter acids	% w/w	1.97-7.85
Alpha/beta ratio	-	0.44-2.69
Cohumulone	% rel.	19.5-49.8
Colupulone	% rel.	37.2-61.1
Myrcene	% rel.	14.1-56.5
Caryophyllene	% rel.	2.9-17.4
Humulene	% rel.	1.9-42.7
Farnesene	% rel.	< 0.1-21.3

fore, the influence of the cohumulone proportion must be rated as a quality factor (Narcis, 1992).

The effort of hop breeders is aimed at obtaining cohumulone content to be as low as possible in both aroma and high-alpha new varieties. Analysis of cohumulone proportion in hybrid group with alpha-bitter acids content in the range 4 to 10% is given in Tab. V and Fig. 2. It can be seen that 80 to 90% of hybrids with alpha-bitter acids content in the range of 4 to 10% have cohumulone proportion under 30% rel. Total number of hybrids with alpha-bitter acids content above 10% is relatively low. Only four hybrids meet the limit for high-alpha hops, only one (4587) meets the limit for the so-called super-alpha hops (12% w/w). Cohumulone proportion in hybrids 3587, 4501 is very favourable (< 25%), hybrid 4382 has this proportion acceptable (< 30%). Content of beta-bitter acids is not so important from brewing technology point of view due to their much lower solubility in boiling wort in comparison with alpha-bitter acids. Colupulone proportion is not mostly specified because there is an approximately linear relationship between cohumulone proportion in alpha-bitter acids and colupulone proportion in beta-bitter acids.

Monoterpenes are generally an unwanted component of hop essential oils. Myrcene and other monoterpenes

## III. Evaluation of hop resins and hop essential oils (foreign hop varieties / Hop Research Institute Collection, crop 1995)

Variety	Country of origin	Hop resins					Hop essential oils				
		alpha (% w/w)	beta (% w/w)	ratio alpha/beta	cohumulone (% rel.)	colupulone (% rel.)	myrcene (% rel.)	caryophyllene (% rel.)	humulene (% rel.)	farnesene (% rel.)	selinene (% rel.)
Saaz	Czech Republic	2.09	3.68	0.57	24.9	41.3	33.7	7.0	24.8	13.0	0.6
Hall. Magnum	Germany	13.42	7.27	1.85	25.7	42.3	49.2	7.4	24.5	< 0.1	0.5
Perle	Germany	5.03	3.39	1.49	32.5	53.1	28.6	14.7	35.9	< 0.1	1.1
Spalter Select	Germany	4.73	4.63	1.02	21.9	41.0	34.7	4.8	12.8	16.8	4.4
Tettnang	Germany	2.03	3.66	0.56	27.5	41.8	22.7	8.3	25.7	16.4	0.7
Cascade	USA	4.75	5.26	0.90	35.5	50.5	46.5	6.4	18.6	7.6	1.4
Chinook	USA	6.09	3.92	1.55	31.7	48.2	27.6	8.7	15.7	0.5	6.8
Galena	USA	9.56	8.24	1.16	39.5	61.8	35.6	7.9	27.0	0.6	2.1
Late Cluster	USA	3.70	4.15	0.89	41.9	63.9	29.6	10.6	28.0	1.0	1.3
Nugget	USA	8.63	3.58	2.41	25.7	48.8	31.1	11.7	28.4	1.0	2.9
Olympic	USA	11.47	5.55	2.07	33.0	56.8	49.7	10.9	15.4	< 0.1	1.6
Willamette	USA	2.09	2.40	0.87	37.0	53.8	10.3	17.1	43.2	10.1	1.3
Brewers Gold	United Kingdom	6.19	3.93	1.57	43.3	66.0	38.3	13.4	25.9	0.2	1.7
Fuggle	United Kingdom	2.43	2.44	0.99	36.4	52.9	39.6	10.2	30.0	5.5	0.7
Northern Brewer	United Kingdom	5.61	4.24	1.33	30.5	50.2	44.8	10.6	25.3	< 0.1	0.7
Wye Challenger	United Kingdom	4.22	4.18	1.01	30.1	47.3	31.7	9.2	23.0	2.4	10.8
Pride Ringwood	Australia	4.78	5.32	0.90	32.6	52.6	26.1	8.6	1.9	< 0.1	33.1
Silnyj	Ukraine	5.69	3.64	1.56	42.4	64.1	41.1	12.0	24.8	0.3	0.4
Southern Brewer	Republic of South Africa	2.91	2.54	1.15	33.6	59.7	28.5	7.8	20.5	4.6	1.3

IV. Criteria of aroma and high-alpha hop varieties

Substance	Aroma hops	High-alpha hops
Alpha-bitter acid	5-7 %	10 %, 12-16 %
Cohumulone	< 20-25 %	< 25 %
Alpha/beta ratio	0.8-1.2	
Myrcene	-	-
Humulene	+	+
Caryophyllene	+	+
Farnesene	+	+
Selinene	+	+
Cadinene	+	+

+ desirable / - unwanted

V. Analysis of the cohumulone proportion

Proportion of cohumulone (% rel.)	Content of alpha-bitter acid in hops			
	4-7% w/w		7-10% w/w	
	subgroup size	(% rel.)	subgroup size	(% rel.)
< 20%	0	0	1	3
20-25%	24	44	14	41
25-30%	21	38	15	44
30-35%	8	14	2	6
> 35%	2	4	2	6
Total	55	100	34	100

VI. Interval distribution of caryophyllene, humulene and farnesene contents

Caryophyllene			Humulene			Farnesene		
Interval	subgroup size	(% rel.)	interval	subgroup size	(% rel.)	interval	subgroup size	(% rel.)
< 5%	3	3	< 10%	1	1	< 2%	68	65
5-10	55	53	10-20	22	21	2-5%	6	6
10-14	41	39	20-30	57	55	5-10	9	8
> 15%	5	5	30-40	23	22	10-15	13	13
			> 40%	1	1	> 15%	8	8
Total	104	100	total	104	100	total	104	100

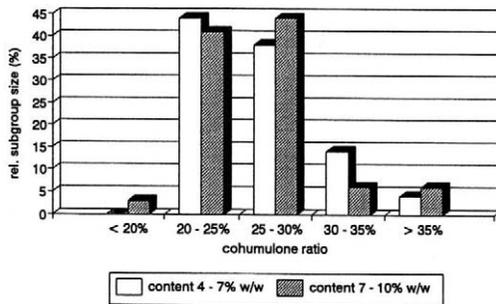
are considered responsible for a penetrant sharp aroma characteristic. Their content in bitter hops should not exceed 40%, in aroma hops 30 to 35%. On the other hand, appropriate ratio of humulene, caryophyllene and farnesene in hop oils forms favourable fine hop aroma. Significant proportion of farnesene in hop essential oils of Saaz semi-early red-bine hops is their important varietal characteristic. Interval distribution of humulene, caryophyllene and farnesene contents in hop oils of new bred hybrids are given in Tab. VI and Figs 3, 4, 5.

It can be seen that histogramme of humulene subgroups size resembles the curve of probability density of normal distribution with the mean value in the range of 20 to 30%. The same does not apply to caryo-

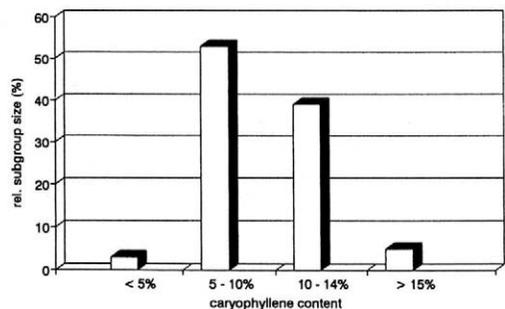
phyllene. Its proportion ranges in interval 5 to 15% in more than 95% of all tested hybrids. The distribution of subgroups size farnesene proportion reflects the situation in cultural hop varieties and shows that its proportion in hop essential oils is relatively scarce. Bimodal distribution proves, that its content is either significant (> 10%) or negligible (< 2%). Farnesene content in hop oils of nearly 3/4 tested hybrids is below 5%.

CONCLUSIONS

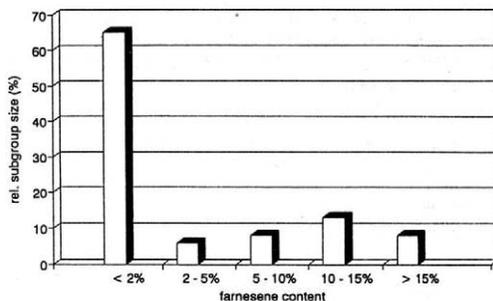
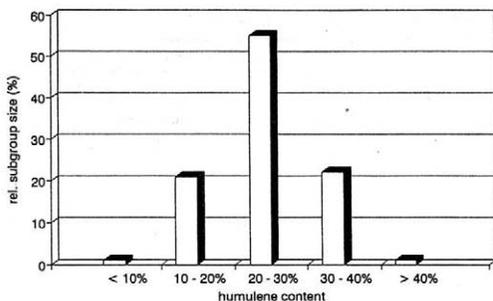
The collection of tested hybrids represents a very plentiful assortment of various hop genotypes. It meets



2. Subgroup size of the cohumulone proportion in alpha-bitter acids (new cultivars)



3. Content of caryophyllene in hop essential oil



4. Content of humulene in hop essential oil

5. Content of farnesene in hop essential oil

requirements for selection of all economically significant hop varieties from brewing technology point of view.

## REFERENCES

- BLOOMFIELD, C. et al.: Estimation of resin acids in hops, extracts and beers using HPLC. Comp. Lit. Scottish and Newcastle Beer Production, Ltd. 1986.
- FOSTER, A. et al.: The characterization and classification of hop varieties. Monograph XXII, EBC Symp. on hops, Zoeterwoude, The Netherlands, 1994.
- FREUNDORFER, J. et al.: Computer assisted processes for the recognition of varieties of hops and hop products based on essential oils. Part I. Msch. Brauwiss., 44, 1991: 176-190.
- HAUNOLD, A.: Detailed explanation of triploid hop breeding program. Brew. Digest, 63, 1988: 40-41.
- KENNY, J.: Identification of US grown hop cultivars by hop acids and essential oils analyses. J. Amer. Soc. Brew. Chem., 48, 1990: 3-8.
- KRALJ, D. et al.: Variability of essential oils of hops. J. Inst. Brew., 97, 1991: 197-206.
- KROFTA, K.: Obsah alfa-hořkých kyselin v českých chmelech v letech 1984-1994. Chmelařství, 68, 1995: 89-91.
- MAIER, J.: Chemical identification of hop varieties Hopfen-Rundschau, 29, 1978: 258-263. (In German.)
- MAIER, J.: Hops and beer-brewing trials with new hop varieties. Proc. Sci. Comm. IHB, Strassbourg, France, July 1995.
- NARCIS, L.: The new hop varieties. Int. Ed. Hopfen-Rundschau, 1992: 18-25.
- WRIGHT, R. G. - CONNERY, F.: Total oil content by steam distillation method. J. Amer. Soc. Brew. Chem. Proc., 1951: 51.
- ANALYTICA EBC: 7.4.1 - Alpha acids and beta acids in hops, hop powder products and hop extracts (HPLC method). 4th ed., 1987: E 123-E 124.

Received on February 9, 1996

---

### Contact Address:

Ing. Karel Krofta, Chmelařský institut, spol. s r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Zatec, Česká republika, tel.: 0397/20 61, fax: 0397/20 64

---

# THE RESULTS OF LABORATORY EXPERIMENTS AND THEIR POSSIBLE UTILIZATION IN HOP PROTECTION STRATEGY AGAINST PESTS

## VÝSLEDKY LABORATORNÍCH EXPERIMENTŮ A JEJICH MOŽNÉ VYUŽITÍ VE STRATEGII OCHRANY CHMELE PROTI ŠKŮDCŮM

J. Vostřel

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

**ABSTRACT:** Contemporary hop protection against *Phorodon humuli* Schrank is based at first on imidacloprid application, which is still very efficient. Nevertheless, there were reported some cases of imidacloprid failure in 1995 which may have been caused by wrong application or use of another non-recommended formulation. That means that there is a real danger of a complete failure of imidacloprid in the future. This is the reason why new insecticides have been tested in our laboratories. While acetamiprid is very similar to imidacloprid and therefore there exists supposition of a quick resistance increase too, pymetrazine may be very useful insecticide in hop protection strategy against resistant *P. humuli* in the future. Its regular change with imidacloprid (acetamiprid) every other year may mean much slower development of resistance to these substances and so their longer possibility of utilization in practical conditions. Fenazaquin and fenpyroximate proved to be efficient enough as acaricides in laboratory conditions. Their registration and utilization in practical hop protection against *Tetranychus urticae* Koch would be unquestionably a contribution to the whole strategy, because the efficiency of the older acaricides is not at present on the level as it used to be in the past. This is the reason why they must be gradually replaced by new more efficient acaricides.

hop; hop aphid; two-spotted spider mite; insecticides; acaricides; hop protection; laboratory tests

**ABSTRAKT:** Mšice chmelová (*Phorodon humuli* Schrank) a sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch) jsou hospodářsky nejvýznamnějšími škůdci chmele v evropských chmelařských oblastech. Použití organofosforových insekticidů v širokém měřítku v polovině 50. let představovalo velmi drastický zásah do entomofauny chmelnice a znamenalo prakticky vyřazení přirozených nepřátel těchto škůdců z jejich, do té doby velmi důležité role. Od té doby lze konstatovat, že jejich význam poklesl na minimum a hlavním regulativem se staly pesticidy. Jejich rychlý a vysoký účinek, který byl na počátku jejich používání zaznamenán, se postupně snižoval díky fenoménu rezistence, který prakticky určuje použití insekticidů a acaricidů ve chmelnicích v posledních 30 letech. Postupně jsou méně účinné přípravky nahrazovány účinnějšími tak, abychom byli schopni zajistit požadované množství chmele v dostatečné kvalitě. Ochrana chmele proti mšici chmelové je v současné době založena především na aplikaci vysoce účinného aficidu, imidaclopridu. Životnost všech pesticidů je však omezená, a proto je třeba mít k dispozici další účinné přípravky v případě selhání přípravků stávajících. Jako nejvhodnější z ověřovaného spektra aficidů se ukazují acetamiprid a pymetrazine. V ochraně chmele proti *T. urticae* jsou starší kontaktní acaricidy rovněž postupně nahrazovány novějšími účinnějšími přípravky. Jako nadějný se na základě výsledků laboratorních testů ukazuje acaricid fenazaquin a především pak fenpyroximate. Jejich registrace by rozhodně znamenala obohacení spektra použitelných acaricidů, a tím i snížení nebezpečí rychlého nárůstu rezistence.

chmel; mšice chmelová; sviluška chmelová; insekticidy; acaricidy; ochrana chmele; laboratorní testy

### INTRODUCTION

Hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) and two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) are the most dangerous pests of hop in European hop-gardens. Natural enemies were the only factor which limited *P. humuli* population density till the beginning of the 20th century (Blatný, Oswald, 1950). Tobacco extract had been used in the first half of this century to

protect hop plants against aphids. This substance was relatively friendly to environment and enabled predators to control aphid numbers (Růžička et al., 1988).

Organophosphorous insecticides application, which had begun in the half of this century, destroyed all aphidophagous and acarophagous insects, which did not seem very important at that time. Unfortunately, the first problems emerged after ten years of these pesticides utilization due to resistance phenomenon. Organophosphates had to be gradually replaced by special

acaricides, carbamates and later by pyrethroids and some other insecticides (Vostřel, 1990).

The overall situation in hop protection against hop pests requires to be controlled. It is the reason why *P. humuli* and *T. urticae* strains were sampled from hop-gardens each year and kept in laboratory rearings over winter time to be tested. Results with the efficiency of commonly used aphicides and acaricides are regularly published (Vostřel, 1993a, b, 1995). Information about some prospective compounds which may help to control resistant *P. humuli* and *T. urticae* in Czech hop-gardens in the future are reviewed.

## MATERIAL AND METHODS

Samples of *P. humuli* and *T. urticae* were collected from the chosen hop-gardens during 1993 vegetation period. They were kept in laboratory rearings under standard conditions: temperature 22 °C, 16 h photoperiod and 60% relative humidity on hop plants (*Humulus lupulus* L.).

The following promising pesticides were tested:

- Chess 25 WP (25% pymetrazine) and Mospilan 20 SP (20% acetamiprid) on *P. humuli*;
- Ortus (5% fenpyroximate) and Magus 200 SC (20% fenazaquin) on *T. urticae*.

A modified method of pesticide resistance detection recommended by FAO (Anonymous, 1979) was used. Hop leaves (*P. humuli*) or discs of leaves in Petri-dishes (*T. urticae*) were placed at the bottom of a sedimentation tower and were treated with appropriate pesticide concentrations and the exposure of females followed. The pressure of Potter nozzle was 0.2 MPa and sedimentation time 10 min. The mortality was checked out 48 h after spraying. Each spray was three-times repeated. Distilled water was applied as a non-treated control.

## RESULTS AND DISCUSSION

The both new insecticides (pymetrazine and acetamiprid) were very efficient against resistant *P. humuli* strains in laboratory tests.

From the survey in Tabs I and II and Fig. 1 it is obvious that the efficiency of acetamiprid is very high in all the tested concentrations. Even in the lowest concentration (0.00125%) there is still 100% mortality of *P. humuli*.

Three concentrations were chosen for laboratory tests with pymetrazine (0.1; 0.04 and 0.01%). We can see that pymetrazine is efficient on resistant *P. humuli* strains that were sampled during the first decade of August 1993, in Žatec-hop region, in 0.1 and 0.04% concentration.

We can see in Tabs III and IV and Fig. 2 that fenpyroximate was very effective in 0.1% concentration against resistant strains of *T. urticae* that were collected during the first decade of August, 1993 in Žatec and Ústěk hop regions. We can say the same in the case of fenazaquin, at first in the higher tested concentration.

I. The efficiency of acetamiprid on resistant strains of *P. humuli* under laboratory conditions in 1994

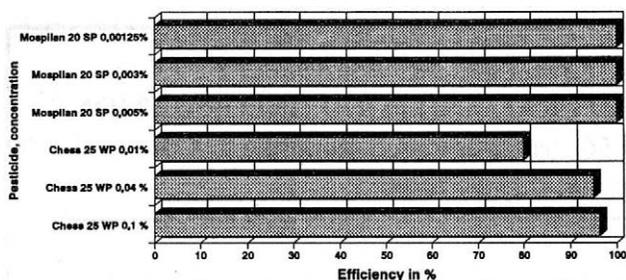
Concentration (%)	Strain of <i>P. humuli</i>	Efficiency (%)
0.005	Liběšice	100
	Skupice	100
	Stebno	100
	$\bar{x}$	100
0.003	Liběšice	100
	Skupice	100
	Stebno	100
	$\bar{x}$	100
0.00125	Liběšice	100
	Skupice	100
	Stebno	100
	$\bar{x}$	100

II. The efficiency of pymetrazine on resistant strains of *P. humuli* under laboratory conditions in 1994

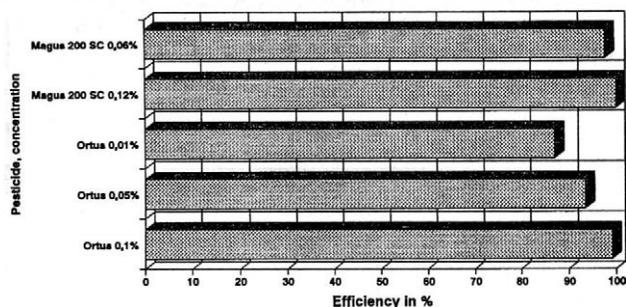
Variant (pesticide)	Concentration (%)	Strains of <i>P. humuli</i>	Efficiency (%)
Chess 25 WP	0.1	Liběšice	96.7
		Skupice	92.2
		Stebno	100.0
		$\bar{x}$	96.3
	0.04	Liběšice	91.3
		Skupice	98.3
		Stebno	95.0
		$\bar{x}$	94.9
	0.01	Liběšice	73.3
Skupice		83.3	
Stebno		78.3	
$\bar{x}$		79.9	

III. The efficiency of fenazaquin on resistant strains of *T. urticae* under laboratory conditions in 1994

Variant (pesticide)	Concentration (%)	Population of <i>P. humuli</i>	Efficiency (%)
Magus	0.12	Stekník	100
		Ploskovice	100
		Vědomice	100
		Mutějovice	100
		Děčany	100
		$\bar{x}$	100
	0.06	Stekník	95
		Ploskovice	97
		Vědomice	96
		Mutějovice	100
Děčany	100		
$\bar{x}$	97.6		



1. The efficiency of acetamiprid and pymetrazine on resistant strains of *P. humuli* under laboratory conditions in 1994



2. The efficiency of fenpyroximate and fenazaquin on resistant strains of *T. urticae* under laboratory conditions in 1994

IV. The efficiency of fenpyroximate on resistant strains of *T. urticae* under laboratory conditions in 1994

#### REFERENCES

Concentration (%)	Strains of <i>T. urticae</i>	Efficiency (%)
0.1	Postoloprty	98.5
	Pšov	98.0
	Orasice	99.0
	Mutějovice	100.0
	Děčany	98.0
	Polepy	100.0
	Ploskovice	99.0
	Vědomice	100.0
	$\bar{x}$	99.1
0.05	Postoloprty	89.5
	Pšov	92.0
	Orasice	97.5
	Mutějovice	98.0
	Děčany	84.5
	Polepy	99.0
	Ploskovice	90.0
	Vědomice	97.5
	$\bar{x}$	93.5

- ANONYMOUS: Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. FAO Pl. Protec. Bull., 27, 1979: 29–32.
- BLATNÝ, C. – OSVALD, V.: Only healthy and first-rate hops. Praha, Brázda 1950. 368 pp. (In Czech.)
- RŮŽIČKA, Z. – VOSTŘEL, J. – ZELENÝ, J.: Interaction between *Phorodon humuli* and indigenous predators in a pesticide untreated hop garden. IOBC/WPRS Bull. XI/5, 1988: 64–72.
- VOSTŘEL, J.: The development of *Phorodon humuli* (Schrank) on hop plants, factors of its regulation and possibilities of their using in IPM. PhD Thesis 1990. 135 pp. (In Czech.)
- VOSTŘEL, J.: Protection of hop aphid in Czech and Slovak Republics. Agrochémia, 33, 1993a (3): 96–97.
- VOSTŘEL, J.: The effects of some pesticide treatments on two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). Ochr. Rostl., 29, 1993b (2): 131–138.
- VOSTŘEL, J.: Effectiveness of insecticides on hop aphid (*Phorodon humuli* Schrank) in laboratory conditions. Rostl. Výr., 41, 1995 (8): 375–378.

All above-mentioned concentrations apply to commercial formulations of insecticides and acaricides, resp. not to active ingredients.

Received on February 9, 1996

#### Contact Address:

Ing. Josef Vostřel, Chmelařský institut, spol. s r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, Česká republika, tel.: 0397/20 61, fax: 0397/20 64

**INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION**  
**Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic**  
**Fax: (00422) 25 70 90**

---

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

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

---

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

---

# PRODUCTION OF MERISTEM CULTURE AND ITS EFFICIENCY IN PRACTICAL CONDITIONS

## PRODUKCE MERISTÉMOVÉ SADBY A JEJÍ VÝKONNOST V POROSTU

P. Svoboda, J. Kopecký

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

**ABSTRACT:** Saaz hop varieties have been made healthier from virus diseases with the help of *in vitro* meristem cultures and thermotherapy. The obtained virus-free material was multiplied by *in vitro* clonal multiplication. It was tested by ELISA method for the presence of ApMV, PNRV, HLV, HMV, and ArMV. For wider application of virus-free hops during establishment of new hop-gardens the methods of multiplication by hop microcuttings in glasshouse-conditions in the Hop Research Institute in Žatec have been worked out. The problem of root stocks growing in field conditions was solved too. The production per shift with help of four-row mechanical planter, a tractorist and six employees present is about 8 000 to 10 000 plants. That means 1 ha of rootstock nursery has a capacity of 90 000 plants. The trials which were established on three localities showed conclusively higher production of these hop plants which had the origin in meristem cultures than those with the origin in traditional planting stock. The yield was higher in average by 33 to 77% and the contents of alpha-acids was higher by 51%, resp. The typical qualitative characteristics of semi-early red bine hops stayed without any change. Obtained results were statistically evaluated by the method of analysis of variance. Conclusive evidence for evaluated variants was highly significant with the probability of 99%. As a result of positive results obtained from meristem culture the necessity has risen since 1994. 700 000 pieces of it were planted in 1995 which means about 90% of the whole necessity of planting stock material.

virus-free hop; tissue cultures; ELISA; propagation; planting stock; yield; alpha-acids content

**ABSTRAKT:** Odrůdy žateckého chmele byly ozdraveny od virových chorob metodami meristémových kultur *in vitro* a termoterapie. Výchozí ozdravený materiál byl množen pomocí klonového množení *in vitro* a kontrola zdravotního stavu byla prováděna metodou ELISA na přítomnost virů ApMV, PNRV, HLV, HMV a ArMV. Pro širší uplatnění sadby meristémového původu při zakládání nových chmelnic byly ve Chmelařském institutu v Žatci rozpracovány metody množení pomocí mikrořízků ve skleníkových podmínkách. V návaznosti byla řešena problematika dopěstování chmelových kořenáčů v polních podmínkách kořenáčové školky. Při mechanizovaném způsobu výsadby čtyřřádkovým sazečem je výkonnost za směnu dána obsluhou traktoristy a šesti pracovníků 8 000 až 10 000 ks, což při sponu výsadby 72 x 12 cm umožňuje na 1 ha kořenáčové školky vysázet 90 000 ks. Poloprovozní pokusy založené na třech stanovištích prokázaly průkazně vyšší produkční schopnost chmelnic založených meristémovou sadbou oproti sadbě tradiční. Zvýšení výnosu se u meristémových kultur pohybovalo od 33 do 77 %. Obsah alfa-hořkých kyselin byl v průměru o 51 % vyšší než u chmelnic založených tradiční sadbou, přičemž typické kvalitativní ukazatele jakosti žateckého poloranného červeňáku zůstaly nezměněny. Dosažené výsledky byly statisticky zhodnoceny metodou analýzy variance. Průkaznost rozdílu byla mezi hodnocenými variantami vysoce průkazná s pravděpodobností 99 %. V důsledku dosažených pozitivních výsledků s meristémovou sadbou stoupá od roku 1994 i její potřeba pro zakládání nových chmelnic. V roce 1995 to bylo již 700 000 ks, což představuje 90 % z celkové potřeby veškerého sadbového materiálu chmele.

viruprostý chmel; meristémové kultury; ELISA; množení; sadba; výnos; alfa-hořké kyseliny

### INTRODUCTION

Hop (*Humulus lupulus* L.), as a vegetative propagated monoculture grown for many years at the same location, is severely endangered with virus diseases. Productive potential of hop plants is decreased by these diseases, which is observable not only on the yield but on the quality of hop cones as well. It is the reason why many countries have begun a recovery process. Hop plants free from ilarvirus and carlavirus had higher

yield by 4 to 38% and alpha-acid content by 18 to 26% than contaminated ones. They were more vigorous in their growth as well (Kremheller et al., 1989).

Bohemian hop varieties are contaminated at first by the following viruses: apple mosaic virus (ApMV) from the group of ilarvirus, hop mosaic virus (HMV) and hop latent virus (HLV) from the group of carlavirus. Svoboda (1993) determined those viruses with the help of ELISA immuno-enzymatic method. *In vitro* tissue cultures with subsequent thermotherapy

were used to eliminate virus diseases (A d a m s , 1975). Clonal propagation methods were studied by S a n y m , W e l v a e r t (1983). A convenient medium was modified as a result of this study. There were also observed different varietal reactions in the course of *in vitro* cultivation. S v o b o d a (1991) dealt also with the methods of isolated top shoots cultivation, clonal propagation and Bohemian hop recovery process.

Biochemical analysis of virus-free hop showed that all characteristics typical for delicate aromatic hops were kept when recovered hop plants were analyzed (K r o f t a , K r o u p a , 1995).

Virus-free hop planting stock propagation is a process which is very demanding as for necessities of energy, space capacity and special labour for work operations providing.

The whole process can be divided into three basic stages:

1. virus-free hop material obtaining *in vitro* laboratory conditions;
2. micro-cuttings propagation in glasshouse conditions;
3. planting stock cultivation in root-material nurseries.

## MATERIAL AND METHODS

Chosen plants of hop varieties grown in a nursery of registered varieties were the source of plant material. The nursery is located in the Hop Research Institute in Žatec and is a part of maintaining hop breeding. Tissue cultures cultivation, propagation and *in vitro* therapy were carried out in the way as described above by S v o b o d a (1992).

Hop plants state of health control were made by ELISA immuno-enzymatic method as described by C l a r k , A d a m s (1977). The following viruses were determined: apple mosaic virus (ApMV), prunus necrotic ringspot virus (PNRV), hop mosaic virus (HNV), hop latent virus (HLV) and arabic mosaic virus (ArMV) from nepovirus group (S v o b o d a , 1993).

The necessity of high-quality planting stock is still increasing. There were nearly 700 000 plants in 1995. Micro-cuttings propagation can be successful to be carried out in a short time-limit (February to May). Unfortunately, earlier propagation is impossible because there is a time of mother-crowns' vegetative silence. Later term is out of the question because very short vegetative time for creation of satisfactory hop root-stock remains after this material planting into nurseries (second half of June).

Optimal temperature for cultivation in glasshouse conditions is 20 to 22 °C, optimal relative humidity is 80 to 90%. Light intensity must be sufficient enough and is provided by adding more light (1 800 to 2 000 lx) for better root formation of cultivated plants. It can be done by day extension to 14 to 16 hours or by illumination during night (since 10 p.m. to 5 a.m.). Rooted plants in jiffy pots (5 x 7 cm), from which micro-cut-

tings were taken three to four times, are usually planted in nurseries since the beginning of May. A special modified four-row mechanical planter is used for this purpose. The spacing between row is 75 cm and the distance between individual young plants in the row is 12 cm. It means that it is possible to plant 90 000 seedlings per hectare. The mechanical planter has the output of 8 000 to 10 000 planted jiffy pots per shift and is operated by a tractorist and six other workers. Grown root stocks, which have the origin in tissue cultures from rooted micro-cuttings, are in propagation grade S1-Mer.

Semi-operating trials with traditional and tissue cultures planting stock have been established in our hop regions on the following localities: Stekník, Vědomice, Přílepy in autumn 1991. Conditions of growth were observed and evaluated during the vegetation period together with visual evaluation of healthy conditions and subsequently ELISA immuno-enzymatic method was used to determine the presence of ApMV, as the most dangerous virus. The production efficiency of planting stock was assessed by the total yield of hop cones. Qualitative hop characteristics, expressed by conductometric value, were determined by an EBC 7.3.2. method in chemical laboratories of the Hop Research Institute in Žatec. These values were determined in collected average samples of chosen trial variants. The data obtained were statistically evaluated by *t*-test method.

## RESULTS AND DISCUSSION

A rather later beginning of vegetation in spring time is typical for hop plants planted from tissue cultures planting stock. The percentage of emerged plants is higher than that of common traditional planting stock (minimally 95%). The plants, which have their origin in tissue culture planting material, are more vigorous during vegetation period, which has a result in a higher yield of hop cones, in comparison with traditional planting stock. Harvest results obtained in a commercial hop-garden conditions are shown in Tab. I and Fig. 1, resp.

The highest yield increase is obvious in the first year after a hop-garden establishment. Later the differences between hop cones yields are becoming slighter, nevertheless, they always are statistically conclusive. The average yield rise during four-years' evaluation is at the observed localities approximately 29%. These values are in accordance with those which are mentioned by e.g. G m e l c h et al. (1982), who says that they are higher at an average by 25 to 35%.

The qualitative parameters of harvested hops from individual experimental variants were evaluated by conductometric value, which determines alpha-acids contents that are the most important substances for brewing industry. The results of analysis are shown in Tab. II and Fig. 2, resp. The complex of analysis evaluating biochemical characteristics was carried out as well.

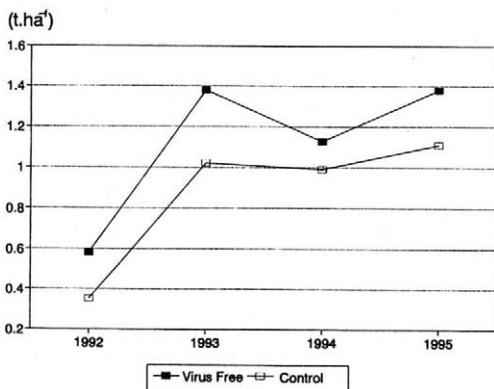
### I. Review of hop yields

Harvest	Variant	Yield of dry hops (t.ha <sup>-1</sup> )	Index (%)	Conclusiveness of the difference (%)
1992	tissue cultures	0.58	165	99
	control	0.35	100	
1993	tissue cultures	1.38	135	99
	control	1.02	100	
1994	tissue cultures	1.13	114	< 95
	control	0.99	100	
1995	tissue cultures	1.38	124	< 95
	control	1.11	100	
Average	tissue cultures	1.11	129	< 95
	control	0.86	100	

Alpha-acids content is much higher in hops which have the origin in tissue cultures planting stock than in those which have the origin in common traditional planting material. Long-term increase of 51% is obtained at an average. It represented statistically highly conclusive difference and the decreasing tendency caused by the age of hop plants has not been proved yet.

Since the time of tissue cultures production beginning (1991) till 1993 was the necessity of traditional planting stock considerably higher. A change occurred in 1994 and 90% of the total planting stock need was sold and planted in 1995. A comparison of traditional and tissue culture root-stock is shown in Tab. III and Fig. 3, resp.

A recovery process of hop from virus diseases brings about a considerable increase of Bohemian semi-early redbine hop yield parameters. Hop grown in Czech Republic is a typical representative of noble very fine aromatic hops which are of the highest quality



1. Yield (virus-free / control) in t.ha<sup>-1</sup>

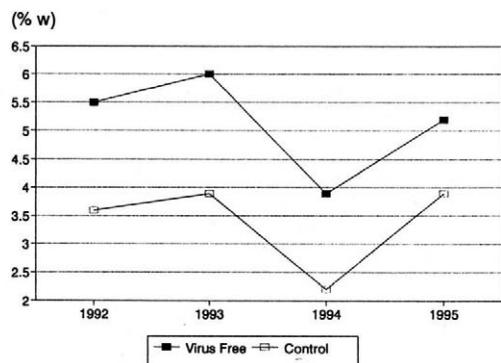
### II. Alpha-acids content

Harvest	Variant	Alpha-acids (%)	Index (%)	Conclusiveness of the difference (%)
1992	tissue cultures	5.5	152	99
	control	3.6	100	
1993	tissue cultures	6.0	153	99
	control	3.9	100	
1994	tissue cultures	3.9	177	99
	control	2.2	100	
1995	tissue cultures	5.2	133	99
	control	3.9	100	
Average	tissue cultures	5.15	151	99
	control	3.4	100	

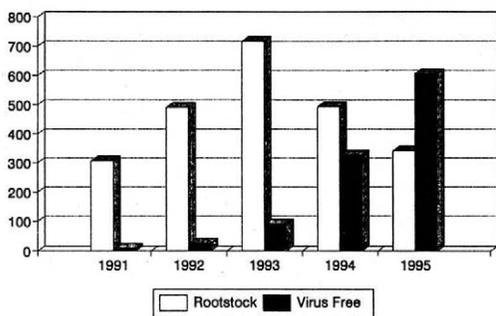
### III. Necessity of root stock

Year	Traditional root stock	Number of root stock used for new hop-gardens planting	Tissue cultures root stock
1991	307 000	45 000	7 600
1992	490 000	210 000	24 258
1993	716 723	315 000	91 421
1994	493 750	119 000	397 193
1995	342 310	68 000	606 110

in the world. Unfortunately, their disadvantage is in low yield and last but not least in low alpha acids content. Taking into consideration the fact that all characteristics typical for noble delicate aromatic hops are kept after the recovery process, we can state that this process means the base for stabilization of a higher yield level of Bohemian hops and this brings about an



2. Contents of alpha-acid (virus-free / control) in % w



3. Roostock (in thousands)

increase of their competition-ability within the world hop market and their further clear perspective as well.

## REFERENCES

ADAMS, A. N.: Elimination of viruses of the hop (*Humulus lupulus*) by heat therapy and meristem culture. *J. Hort. Sci.*, 58, 1975 (2): 151-160.

CLARK, M. F. - ADAMS, A. N.: Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of the plant viruses. *J. Gen. Virol.*, 34, 1977: 475-483.

GMELCH, F. et al.: Jahresbericht 1981. Bayer. Landesanst. Bodenkult. Pfl., 1982: 30-33.

KREMHELLER, H. T. et al.: Production and propagation of virus-free hops for Bavaria. *Proc. Int. Wkshp on virus diseases Giessen, SRN*, 1988: 131-134.

KROFTA, K. - KROUPA, F.: Qualitative indicators of virus-free hops of Czech-provenance. *Rostl. Vyr.*, 4, 1995 (8): 383-388. (In Czech.)

SANYM, G. - WELWAERT, W.: Production and nuclear stock of virus-free hop plants. *Med. Fac. Landb.-Wet. Rijksuniv. Gent*, 48, 1983 (3).

SVOBODA, P.: Hop clonal propagation *in vitro*. *Rostl. Vyr.*, 37, 1991 (8): 643-648. (In Czech.)

SVOBODA, P.: Cultivation of isolated hop shoots (*Humulus lupulus* L.) *in vitro*. *Rostl. Vyr.*, 38, 1992 (6): 523-528. (In Czech.)

SVOBODA, P.: Determination of carlavirus and ilarvirus in Czech hop varieties by ELISA immuno-enzymatic method. *Ochr. Rostl.*, 29, 1993 (4): 259-264. (In Czech.)

*Analytics of EBC: 7.3.2. 4th edition, 1987: E113-E114.*

Received on January 9, 1996

## Contact Address:

Ing. Petr S v o b o d a, CSc., Chmelařský institut, spol. s r. o., Kadaňská 2525, 438 46 Žatec, Česká republika, tel.: 0397/20 61, fax: 0397/20 64

## POKyny PRO AUTORY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

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

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

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

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

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

**Abstract** is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes, and comprise 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, telephon and fax number or e-mail.

## OBSAH – CONTENTS

Makovníková J., Kanianska R.: Aktivný hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR – Active aluminium and its present state in soils of Slovak Republic .....	289
Zrůst J., Jůzl M.: Rychlost fotosyntézy a nárůst sušiny velmi raných odrůd brambor – Rates of photosynthesis and dry matter accumulation of very early potato varieties .....	293
Hradecká D., Staszková L.: Vliv aplikace cytokininu a dusíkatého hnojení na jarní pšenič – Influence of the application of cytokinin and nitrogen fertilization on spring wheat .....	301
Minx L., Ryšavý M., Šlimar P.: Předpoklad využití stochastického modelu pro hodnocení porostů s nahodilým rozdělením v řádku – The prerequisite for the use of stochastic model for evaluation of the stands with random distribution in row .....	307
Matejovič I.: The application of Dumas method for determination of carbon, nitrogen, and sulphur in plant samples – Stanovenie uhlíka, dusíka a síry v rastlinných vzorkách Dumasovou metódou .....	313
Fric V., Rígr A., Beránek F., Krofta K., Kroupa F.: The evaluation of progenies from hop crossbreedings ( <i>Humulus lupulus</i> L.) with the preference of biochemical characteristics – Hodnocení potomstev křížení chmele ( <i>Humulus lupulus</i> L.) s preferencí biochemických charakteristik .....	317
Krofta K., Kroupa F., Rígr A., Beránek F.: Brewing value and classification of hop breeding material – Pivovarská hodnota a klasifikace šlechtitelského materiálu chmele .....	321
Vostřel J.: The results of laboratory experiments and their possible utilization in hop protection strategy against pests – Výsledky laboratorních experimentů a jejich možné využití ve strategii ochrany chmele proti škůdcům .....	329
Svoboda P., Kopecký J.: Production of meristem culture and its efficiency in practical conditions – Produkce meristémové sadby a její výkonnost v porostu .....	333