

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ROSTLINNÁ VÝROBA

Plant Production

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

11

VOLUME 46
PRAHA
LISTOPAD 2000
ISSN 0370-663X

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

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

Redakční rada – Editorial Board

Předseda – Chairman

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

Členové – Members

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

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

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

Doc. Ing. Václav Hosnedl, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)

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

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

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

Doc. Ing. Jan Moudrý, CSc. (Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, ČR)

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

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

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

Prof. Ing. Stanislav Procházka, DrSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 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. (Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, ČR)

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

Doc. Ing. Pavel Tlustoš, CSc. (Česká zemědělská univerzita v Praze, ČR)

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

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

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

Prof. Dr. hab. Kazimiera Zawislak (Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Polska)

Prof. Ing. Josef Zimolka, CSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ČR)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

RNDr. Eva Stříbrná

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, výsledky výzkumu, studie a analýzy z oblasti rostlinné výroby, především pěstování rostlin, tvorby výnosů plodin, kvality jejich produktů, semenářství, fyziologie rostlin, agrochemie, pedologie, mikrobiologie, meliorací a agroekologie. 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*, *Czech Agricultural Bibliography*, *Toxline Plus*.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12krát ročně), ročník 46 vychází v roce 2000.

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, Česká republika, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze za 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 2000 je 816 Kč.

Aktuální informace najdete na URL adrese: <http://www.uzpi.cz>

Aims and scope: Original scientific papers, results of research, review studies and analyses from the crop production sector, particularly care of crops, crop yield formation, quality of plant products, seed production, plant physiology, agrochemistry, soil science, microbiology and agri-ecology are published in this periodical.

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*, *Czech Agricultural Bibliography*, *Toxline Plus*.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 46 appearing in 2000.

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, Czech Republic, tel.: 02/24 25 79 39, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@uzpi.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 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

Actual information are available at URL address: <http://www.uzpi.cz>

CONTENT OF ALPHA-CHAONINE AND ALPHA-SOLANINE IN GROUPS OF POTATO VARIETIES LISTED IN THE NATIONAL BOOK OF VARIETIES OF THE CZECH REPUBLIC

OBSAH α -CHAONINU A α -SOLANINU V ODRŮDÁCH BRAMBORU ZAPSANÝCH VE STÁTNÍ ODRŮDOVÉ KNIZE ČR

J. Zrůst, V. Horáčková, V. Přichystalová, M. Rejlková

Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic

ABSTRACT: A field experiment was established in 1996 to 1998 with 34 Czech and 48 foreign varieties. The potatoes were divided according to the length of their vegetation period and the differences in the SGA₅ content between individual groups of the Czech varieties were compared with the foreign ones. High-performance liquid chromatography (HPLC) was used to determine the level of alpha-chaconine and alpha-solanine in tuber samples after physiological maturation. The SGA₅ content was assessed in raw unpeeled tubers, in tubers where ca 1.5 mm was peeled off and in mechanically damaged unpeeled tubers. Before analysis the tubers were stored in a chamber at 4 °C. After mechanical injury the samples were kept for one week at ca 20 °C in darkness before analysis. In raw unpeeled tubers of the Czech varieties the SGA₅ content was higher than in the foreign varieties; in the very early varieties by 24% and in the medium late to late varieties by 55%. After peeling the SGA₅ content decreased by 51.5% in the Czech varieties and by 55.1% in the foreign varieties. After mechanical damage the content of alpha-solanine in Czech varieties increased more than alpha-chaconine (in three years on average by 78 to 103.4% and by 48.8 to 70.4%, respectively).

Keywords: Czech potato varieties; foreign potato varieties; SGA₅; alpha-solanine; alpha-chaconine; HPLC; raw unpeeled tubers; raw peeled tubers; mechanical damage of tubers; year

ABSTRAKT: V polním pokusu v letech 1996 až 1998 bylo pěstováno 34 českých a 48 zahraničních odrůd, u kterých byly po fyziologickém dozrání ručně sklizeny hlízy. Stanovení α -chaconinu a α -solaninu ve vzorcích hlíz proběhlo metodou vysokoučinné kapalinové chromatografie (HPLC). Byl stanoven obsah SGA₅ v syrových hlízách se slupkou, v hlízách po oloupaní vrstvy cca 1,5 mm a v mechanicky poraněných hlízách se slupkou. Hlízy byly před analýzami skladovány v boxu při teplotě 4 °C. Hlízy po mechanickém poranění byly před přípravou vzorků k analýzám ponechány jeden týden při cca 20 °C ve tmě. Polní pokusy byly zakládány s cílem prokázat rozdíly v obsahu SGA₅ u jednotlivých skupin domácích odrůd v porovnání se zahraničními odrůdami. Obě skupiny byly rozříděny podle délky vegetační doby (tab. I a II). U českých odrůd byly v syrových hlízách se slupkou zjištěny vyšší obsahy SGA₅ u skupiny odrůd velmi raných o 24 % a polopozdních až pozdních o 55 %. U celého sortimentu sledovaných domácích i zahraničních odrůd se projevila tendence k vyšším hodnotám SGA₅ vlivem vodního stresu a vyšších teplot, což jsme zaznamenali již v minulých pokusech (Zrůst, 1997). Vzájemný poměr obsahu α -solaninu a α -chaconinu v syrových hlízách se slupkou u souboru českých odrůd byl 1 : 1,45, u souboru zahraničních odrůd 1 : 1,64. Oloupaním hlíz se snížil obsah SGA₅ v obou souborech odrůd (tab. IV, V). Naše výsledky korespondují s údaji, které naměřili Kozukue et al. (1987) a potvrdili Schulzová et al. (1992) a Kalač (1994). Poměr obsahu α -solaninu a α -chaconinu v hlízách bez slupky se snížil; u českých odrůd činil 1 : 1,32, u zahraničních 1 : 1,47. Mechanickým poškozením se v hlízách zvyšuje celkový obsah SGA₅ (tab. VI). Z jednotlivých SGA₅ se zvyšuje více obsah α -solaninu (o 78 až 103,4 %) než α -chaconinu (o 48,8 až 70,4 %) (tab. VII). V tab. VIII jsou uvedeny odrůdy, které citlivě reagovaly na mechanické poranění hlíz stimulací tvorby glykoalkaloidů. Skupiny odrůd tříděné podle délky vegetační doby se navzájem v obsahu SGA₅ statisticky velice významně lišily (tab. III a IX). Pořadí let podle výše obsahu SGA₅ bylo shodné jako u syrových hlíz se slupkou. Poměr obsahu α -solaninu a α -chaconinu v hlízách po mechanickém poranění se u celého souboru odrůd v průměru snížil a činil 1 : 1,16.

Klíčová slova: české odrůdy bramboru; zahraniční odrůdy bramboru; SGA₅; α -solanin; α -chaconin; HPLC; syrové hlízy se slupkou; syrové hlízy bez slupky; mechanické poškození hlíz; ročník

INTRODUCTION

Research activities are constantly focused on natural toxic substances found largely in plants. New information has shown that the negative effects of these substances on the human (and, in general, animal) organism require much more attention. Such substances are also the steroid glycoalkaloids (SGA_s) in potatoes (*Solanum tuberosum* L.).

Glycoalkaloids are indicated as a group of substances which contain the steroid alkaloid bound to oligo- or monosaccharide as the aglycon (the non-sugar part). More than 20 of these compounds are known, of which 10 were found in potatoes. The alkaloids contained in them are often given the common name solanine. According to present information the solanine complex includes altogether six substances: alpha-, beta-, gamma-solanine and alpha-, beta-, gamma-chaconine which have one common aglycon – solanidine (solanide-5en-3β-ol). Next to alpha-solanine the most important glycoalkaloid is alpha-chaconine. In cultural potato species together they represent about 95% of the total content of glycoalkaloids. Details have been given in recent studies, e.g. Maga (1994), Friedman, McDonald (1997), and it is quite evident that interest in potato SGA_s is constant.

We concentrated our attention to the SGA_s content in raw unpeeled tubers of the entire assortment of varieties listed in the National Varietal Book of the Czech Republic. Our aim was to find the differences in the SGA_s content in the respective groups of domestic varieties compared with foreign varieties assorted according to the length of their vegetative period. At the same time we studied the SGA_s content in raw peeled tubers. The alpha-chaconine and alpha-solanine content in mechanically damaged tubers was determined in all the domestic varieties.

MATERIAL AND METHODS

Field experiments were conducted in 1996 to 1998 at the experimental station in Valečov with the potato varieties based on the length of the vegetation period (Tab. I).

The total list of Czech varieties also included three Slovakian varieties, two of them early and one medium early. Out of the varieties planted in the respective years,

I. Survey of potato varieties

Group of varieties	1996		1997		1998	
	total	Czech	total	Czech	total	Czech
Very early	17	5	18	5	19	6
Early	22	11	27	12	30	12
Medium early	23	8	24	8	25	9
ML-L*	20	10	25	10	29	11
Total	82	34	94	35	103	38

* varieties from the group of medium late to late

one approved variety was restricted in 1997 and 12 in 1998. In our experiments we continued to plant these varieties in order to obtain three-year results.

In autumn, the field was fertilised with 35 t.ha⁻¹ of farm manure, in spring we applied mineral nutrients, i.e. N 80 kg, P 40 kg, K 80 kg.ha⁻¹ as combined NPK pelleted fertiliser. The stands were protected against phytophthora fungi with six to seven sprays (based on the incidence in the respective years – more sprays were applied to varieties with the longest vegetation). Manually we dug out tubers as samples for SGA_s determinations gradually, as the individual varieties physiologically matured. Tubers were stored in darkness at 4 °C until their processing or further handling.

In 1996 mechanical tuber damage was conducted in a drum made specially for this purpose. During 5 minutes in the drum the tubers fell 19 times from a height of 1 m onto steel bars. In the two following years the tubers were damaged with a PSW 70 hammer pendulum apparatus (made in the former GDR – Gall et al., 1967). Various parts of the tuber were hit with hammers of 7.1 mm (0.4 cm²) diameter. The energy of the impact ranged between 150 and 160 mJ. After mechanical injury the samples were kept for one week at ca 20 °C in darkness before analysis.

For tuber analyses we selected whole medium-sized tubers, both unpeeled and manually peeled (totally 15 tubers, one tuber per hill). SGA_s was determined using high-performance liquid chromatography (HPLC) modified by Kobayashi et al. (1989), and taking into consideration also other experience (Kvasnička et al., 1994). Zrůst (1997) presented details about the analyses. Our procedure was the same.

RESULTS AND DISCUSSION

The content of SGA_s in raw unpeeled tubers

In the groups of varieties grown in the Czech Republic in 1996 to 1998 and divided according to the length of their vegetation period (Tab. II) we found somewhat higher levels than Van Gelder (1989). He determined the SGA_s level in 521 potato samples from eight countries (from Australia, through New Zealand, India, the Netherlands to the USA) and found that the most frequently occurring levels of SGA_s ranged between 50 and 60 mg.kg⁻¹ of fresh weight of tubers, but often contents of 40, 70 and 80 (90) mg.kg⁻¹ were found. These levels appeared in the majority of varieties from improved cultural potato species. The level of alpha-chaconine + alpha-solanine then ranged below the admissible limit of 200 mg.kg⁻¹ of fresh weight of tubers. This limit was set down in some countries (e.g. the USA, Sweden), including the Czech Republic (Decree of the Czech Ministry of Health No. 298/1977 of the Law Gazette).

The higher levels of SGA_s found in the present study were obviously affected by the weather, particularly in

II. SGA_s content in mg.kg⁻¹ of fresh weight of raw unpeeled tubers of Czech and foreign cultivars (the 1996–1998 average)

Group of cultivars	Provenance	Number of cultivars	α-chaconine		α-solanine		Total SGA _s	
			\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Very early	Czech	5	50.82	12.99	39.41	9.49	90.23	22.09
	foreign	12	45.28	15.98	23.25	11.41	68.53	25.78
Early	Czech	11	46.55	15.88	28.95	12.68	75.50	25.59
	foreign	12	47.42	24.73	29.44	22.27	76.86	45.32
Medium early	Czech	8	49.44	27.75	34.60	27.77	84.04	54.80
	foreign	14	55.28	36.63	38.49	33.48	93.77	69.33
Medium late to late	Czech	10	74.08	47.13	49.21	35.11	123.29	81.10
	foreign	10	42.46	18.61	25.08	12.79	67.54	30.58

the first and second year of the experiment. The 1998 levels were more than one half lower. The differences among the respective years were highly significant (Tab. III). In the first two years there was not much rainfall during the establishment of the experiment and tuber growth, the potato plants were frequently exposed to stress caused by lack of water. On the other hand, the temperatures were higher and sunshine longer in 1996 and 1997 than in 1998. It was again found that water stress and higher temperatures tend to increase the content of SGA_s (Zrůst, 1997).

III. Analysis of variance of SGA_s content in raw unpeeled tubers

Source of variability	<i>d.f.</i>	Sum of squares	<i>F</i> -values	Significance
Replication	2	0.508	0.024	
Earliness [†] (A)	3	4 192.646	130.164	**
Provenance (B)	1	4 950.124	461.040	**
Years (C)	2	58 937.046	2 744.613	**
A × B	3	11 582.719	359.594	**
A × C	6	27 636.419	428.996	**
B × C	2	15.521	0.723	
A × B × C	6	4 798.031	74.479	**
Residue	46	493.895		
Total	71	112 606.909		

[†] variety groups according to maturity (earliness)

** significant at 0.01 probability level

Comparisons between Czech and foreign varieties grown in the Czech Republic showed that, on average, the SGA_s levels in Czech varieties were statistically highly significantly higher (Tab. III). The groups of Czech early varieties are on a comparable level. The total SGA_s levels were higher in the medium early foreign varieties. On the other hand, the total levels of SGA_s in the very early Czech varieties were about one third higher, particularly the alpha-solanine content. The worst results were found in the group of Czech medium late and late varieties where the contents of both alpha-chaconine and alpha-solanine were double the content of the foreign varieties.

The alpha-solanine : alpha-chaconine ratio in tubers was 1 : 1.45 and 1 : 1.64 in the Czech and foreign varieties, respectively, which corresponds with the majority of literary data. According to Panovská et al. (1994) it ranges between 1.2 and 2.7 and according to Přichystalová-Fialková et al. (1999) between 1.32 and 1.77 in potato varieties grown in the Czech Republic.

The content of SGA_s in peeled tubers

In this case not only the skin (periderm) was removed, but the whole cork layer, or the part that is peeled. The results are given in Tab. IV. In peeled tubers the SGA_s content was lower. Tab. V gives the concrete values and reduction in per cent. In Czech varieties peeling reduced

Significant differences								
earliness	mean	Tukey	provenance	mean	Scheffe	years	mean	Tukey
ML-L	95.41	5% 2.92	Czech	93.26	5% 1.54	1996	108.21	5% 2.29
ME	88.91	1% 3.60	foreign	76.68	1% 2.05	1997	102.02	1% 2.90
VE	79.38					1998	44.66	
E	76.18							

Variety groups according to maturity:

VE = very early

E = early

ME = medium early

ML-L = medium late to late

IV. SGA₅ content in mg.kg⁻¹ of fresh weight of raw peeled tubers of Czech and foreign cultivars (the 1996–1998 average)

Group of cultivars	Provenance	Number of cultivars	α-chaconine		α-solanine		Total SGA ₅	
			\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Very early	Czech	5	15.42	5.61	13.70	7.13	29.12	12.61
	foreign	12	11.02	8.13	6.05	2.61	17.07	10.10
Early	Czech	11	17.22	6.30	9.08	4.42	26.30	10.32
	foreign	12	24.44	20.02	14.48	12.40	38.92	31.46
Medium early	Czech	8	23.24	17.29	19.62	21.01	42.86	37.80
	foreign	14	20.29	20.21	16.46	18.50	36.75	38.60
Medium late to late	Czech	10	34.19	26.03	26.03	25.17	60.22	50.03
	foreign	10	14.61	7.77	10.88	6.62	25.49	14.30

V. Decreased content of SGA₅ in mg.kg⁻¹ of fresh weight and in % after peeling (the 1997–1998 average)

Group of cultivars	Provenance	Number of cultivars	α-chaconine		α-solanine		Total SGA ₅	
			\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%
Very early	Czech	5	17.06	52.54	10.50	43.39	27.56	48.63
	foreign	12	18.44	62.57	10.11	62.21	28.55	62.44
Early	Czech	11	19.42	53.29	15.39	62.31	34.81	56.93
	foreign	12	12.53	33.89	14.89	50.70	27.42	41.33
Medium early	Czech	8	23.32	48.65	15.85	43.46	39.17	46.41
	foreign	14	23.92	54.12	17.30	51.23	41.22	52.87
Medium late to late	Czech	10	40.57	55.35	26.80	52.94	67.37	54.36
	foreign	10	28.74	66.30	16.35	60.07	45.09	63.89

the level of alpha-chaconine, on average, by 25.09 mg.kg⁻¹, i.e. by 52.5% and alpha-solanine by 17.13 mg.kg⁻¹, i.e. 50.5%. In foreign varieties the level of alpha-chaconine decreased by 20.91 mg.kg⁻¹ and alpha-solanine by 14.66 mg.kg⁻¹, i.e. 50.5 and 56.0%, respectively. In all the groups of Czech and foreign varieties the reduction in the level of SGA₅ in tubers after peeling was statistically highly significant. These results correspond with data presented by Kalač (1994) who studied the distribution of SGA₅ in tubers of six varieties and found that the skin contained 83 to 96%, the cork layer 3 to 14% and the pulp 1 to 3% SGA₅. Similar conclusions were published by Schulzová et al. (1992) who found that the superficial tuber layers (skin and cork layer) contain about 65% of SGA₅. Kozukue et al. (1987) found that the content of SGA₅ in peeled tubers decreased by about 65%.

The ratio between the alpha-solanine and alpha-chaconine content in peeled tubers also decreased; it was 1 : 1.32 and 1 : 1.47 in the Czech and foreign varieties, respectively.

The content of SGA₅ in tubers after mechanical damage

Mechanical damage increases the total SGA₅ content in tubers (Tab. VI). In terms of the respective glycoalkaloids, the content of alpha-solanine increased much

more (in a three-year average from 78% in the group of medium late to late varieties to 103.4% in medium early varieties). The content of alpha-chaconine increased from 46.3% in the group of medium late to late varieties to 70.4% in medium early varieties (Tab. VII). The level of SGA₅ in the very early and early varieties increased within this range.

The damaging is obviously responsible for the initiation of SGA₅ synthesis in the stressed tuber tissues. During healing the defensive mechanism against pathogens is probably mobilised. The extent of the damage is also influenced by the temperature and tuber size. The rate of growth of the SGA₅ content is dependent on the type of damage, on the variety and on other storage conditions. E.g. Olsson (1986) reported that clones with a smaller increase in the SGA₅ content after tuber injury can be selected. For this a rebound pendulum can be used. In trials with this apparatus Gall et al. (1996) confirmed a significant correlation between the energy absorbed by the tuber after the impact, the pendulum index, and susceptibility to harvest damage. Earlier we drew attention to the fact (Zrůst, 1997) that in the case of tuber damage the interactions could be specific, often more important than the variety. In Tab. VIII there are presented varieties, which sensitively responded to mechanical tuber damage by stimulation of glycoalkaloid formation.

The differences in the SGA₅ content among the respective groups, divided according to the length of the

VI. SGA_s content in mg.kg⁻¹ of fresh weight in mechanically damaged potato tubers of Czech and foreign cultivars (the 1996–1998 average)

Group of cultivars	Number of cultivars	α-chaconine		α-solanine		Total SGA _s	
		\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x	\bar{x}	s_x
Very early	5	82.34	16.57	79.18	18.21	161.52	34.01
Early	11	69.29	27.75	58.36	18.95	127.65	46.03
Medium early	8	84.25	37.93	70.39	37.78	154.64	73.14
Medium late to late	10	108.41	61.14	87.60	53.06	196.01	110.97

VII. Increased content of SGA_s in mg.kg⁻¹ of fresh weight and in % in mechanically damaged potato tubers of Czech cultivars (the 1996–1998 average)

Group of cultivars	Number of cultivars	α-chaconine		α-solanine		Total SGA _s	
		\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%
Very early	5	31.52	62.0	39.77	100.9	71.29	79.0
Early	11	22.74	48.8	29.41	101.6	52.15	69.1
Medium early	8	34.81	70.4	35.79	103.4	70.60	84.0
Medium late to late	10	34.33	46.3	38.39	78.0	72.72	59.0

VIII. Czech varieties with sensitive reaction to mechanical tuber damage by increase in SGA_s content (the 1996–1998 average)

Variety	Earliness	Increase in mg.kg ⁻¹ of fresh weight and in %					
		α-chaconine		α-solanine		total SGA _s	
		mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%
Kora	VE	50.82	75.9	59.06	112.3	109.88	89.3
Koruna	VE	32.73	81.4	34.65	127.2	67.38	100.2
Vilma	E	7.15	32.3	22.31	200.6	29.46	104.9
Livera	E	40.56	80.1	58.77	181.5	99.33	133.5
Korneta	E	47.69	99.3	45.85	249.8	93.54	142.7
Karla	E	81.05	108.1	61.63	241.7	142.68	156.7
Lomnica	ME	36.45	57.9	49.93	125.8	86.38	83.7
Svatava	ME	56.35	87.2	31.00	88.8	87.35	87.3
Dita	ME	18.90	91.2	18.02	152.8	36.92	106.7
Lada	ME	68.64	327.5	61.20	557.2	129.84	447.6
Oreb	ML-L	34.16	69.2	21.95	89.7	56.11	75.8
Tábor	ML-L	58.57	66.2	74.48	87.6	133.05	76.6
Borka	ML-L	11.77	60.9	15.10	113.4	26.87	81.2
Javor	ML-L	56.05	68.3	73.08	100.0	129.13	80.4
Zlata	ML-L	18.71	49.2	27.16	148.1	45.87	83.2
Boubín	ML-L	28.32	81.0	36.35	212.5	64.67	141.7

vegetation period, were statistically highly significant (Tab. IX). The sequence of the years based on the SGA_s content was the same as for raw unpeeled tubers.

The alpha-solanine : alpha-chaconine ratio in tubers decreased after mechanical injury to 1 : 1.16.

Acknowledgement

The authors wish to express their thanks to the Czech Ministry of Agriculture for their financial support provided through the NAZV for project No. EP0960006563.

IX. Analysis of variance of SGA₅ content in mechanically damaged raw unpeeled tubers

Source of variability	d.f.	Sum of squares	F-values	Significance
Replication	2	46.186	4.238	*
Earliness [†] (A)	3	21 365.487	1 307.021	**
Years (C)	2	93 112.758	8 544.179	**
A × C	6	63 115.463	1 930.526	**
Residue	22	119.876		
Total	35	177 759.770		

[†] variety groups according to maturity (earliness)

* significant at 0.05 probability level

Significant differences					
earliness	mean	Tukey	years	mean	Tukey
ML-L	196.01	5% 3.04	1996	208.55	5% 2.38
VE	161.52	1% 3.83	1997	181.58	1% 3.07
ME	154.64		1998	89.74	
E	127.66				

REFERENCES

Friedman M., McDonald G. M. (1997): Potato glycoalkaloids: Chemistry, analysis, safety, and plant physiology. *Crit. Rev. Pl. Sci.*, 16: 55–132.

Gall H., Geersing J.-E., Hartsema O., Wustman R. (1996): Assessing susceptibility to harvest damage and to blackspot in potato tubers by the pendulum method. *Abstr. Pap., Post. Demonstr. 13th Trien. Conf. EAPR. Veldhoven, The Netherlands*: 332–333.

Gall H., Lamprecht P., Fechter E. (1967): Erste Ergebnisse mit dem Rückschlagpendel zur Bestimmung der Beschädigungs-

empfindlichkeit von Kartoffelknollen. *Eur. Potato J.*, 10: 272–285.

Kalač P. (1994): Steroid glycoalkaloids in foodstuffs and food raw materials. [Doctoral Thesis.] Praha, VŠCHT. (In Czech)

Kobayashi K., Powell A. D., Toyoda M., Saito Y. (1989): High-performance liquid chromatographic method for the simultaneous analysis of α -solanine and α -chaconine in potato plants cultured *in vitro*. *J. Chromatogr.*, 462: 357–364.

Kozukue N., Kozukue E., Mizuno S. (1987): Glycoalkaloids in potato plants and tubers. *Hort Sci.*, 22: 294–296.

Kvasnička F., Price K. R., Ng K., Fenwick G. R. (1994): Determination of potato glycoalkaloids using isotachopheresis and comparison with a HPLC method. *J. Liq. Chromatogr.*, 17: 1941–1951.

Maga J. A. (1994): Glycoalkaloids in *Solanaceae*. *Fd Rev. Int.*, 10: 385–418.

Olsson K. (1986): The influence of genotype on the effects of impact damage on the accumulation of glycoalkaloids in potato tubers. *Potato Res.*, 29: 1–12.

Panovská Z., Hajšlová J., Kotal F. (1994): Levels of glycoalkaloids in cultivars of potatoes grown in the Czech Republic. *Rostl. Vyr.*, 40: 1123–1128. (In Czech)

Přichystalová-Fialková V., Zrůst J., Hlušek J., Jůzl M. (1999): α -chaconine and α -solanine tuber contents of very early potato varieties (*Solanum tuberosum* L.). *Věd. Práce VÚB Havlíčkův Brod*, 13: 91–102. (In Czech)

Schulzová V., Hajšlová J., Roztočil T., Voldřich M. (1992): Determination of the content of alpha-solanine and alpha-chaconine glycoalkaloids in potatoes using the HPLC method. *Potrav. Vědy*, 10: 281–292. (In Czech)

Van Gelder W.M.J. (1989): Steroidal glycoalkaloids in *Solanum* species: Consequences for potato breeding and food safety. Ph.D. Thesis, Univ. Wageningen.

Zrůst J. (1997): The glycoalkaloid content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) as affected by cultivation technology and mechanical damage. *Rostl. Vyr.*, 43: 509–515. (In Czech)

Received on May 25, 2000

Corresponding author:

Ing. Jaromír Zrůst, CSc., Výzkumný ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika, tel.: + 420 451 46 62 17, fax: + 420 451 215 78, e-mail: zrust@vubhb.cz

VLIV ROZDÍLNÝCH EKOLOGICKÝCH PODMÍNEK PĚSTOVÁNÍ NA STOLNÍ HODNOTU HLÍZ BRAMBOR

THE EFFECT OF DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS OF GROWING ON COOKING QUALITY OF POTATO TUBERS

B. Vokál¹, K. Hamouz², J. Čepl¹

¹*Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic*

²*Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic*

ABSTRACT: In the study, there was investigated cooking quality and its components (raw and cooked potato appearance, tuber odour after cooking, tuber flavour, durability of tuber colour after cooking, flesh firmness and sloughing) in potato tubers grown in various soil climatic conditions of traditional potato-growing production region (higher regions) and in warmer, more yielding, mainly beet-growing production region (lower regions). Exact field trials with five potato varieties (early Karin, semi-early Agria, Korela, Rosella and Santé) were carried out in 1995 to 1997 on six locations in higher regions and on six ones in lower regions (Vokál et al., 1999). Tuber samples removed at harvest were stored under uniform conditions, and cooking quality was determined using the method described by Zadina, Jermoljev (1976) in December of each harvest year. Averaged over workplaces and years, annual mean temperature was higher by 1.8 °C (26.5%), during vegetation by 2.1 °C (16.2%) in lower regions. As regard to annual rainfalls, difference was 111 mm (19.6%), during vegetation 70 mm (16.2%) in favour of higher regions. Decisive influence of year was proved, which significantly affected total cooking quality, raw and cooked potato appearance, odour and flavour. Influence of variety was not unambiguous (statistically significant influence was observed in decisive characteristics, i.e. total cooking quality, cooked potato appearance, odour and flavour). Relatively, the best position was found in the Karin variety (cooking type B-BA). The region statistically significant expressed all indices except raw tuber appearance and odour, namely (evaluated over three years) always in favour of lower regions. Total cooking quality reached in this case 61.42 scale points and was better by 6.2%. In relation to flavour, total cooking quality reached 21.28 scale points (better by 4.7%). Comparing mentioned results with information available, we found that similar work studying influence of different locality conditions is not at disposal. Expectation was not fulfilled (Hruška, 1974; Míča, 1988) that in growing of table potatoes in lower regions with lower rainfalls and particularly in warmer regions, final cooking quality would be worse. This expectation is probably associated with the presupposition that tubers in these regions will have higher starch (dry matter) content and it could be expected worsening of cooking quality. It is interesting that this presupposition was not also fulfilled, then on average dry matter content was higher (21.67%) in lower regions, but non-significant only by 0.18% of dry matter (Vokál et al., 1999). In 1997, when the highest level of this character was found, there was also observed the highest tuber dry matter content. From results it is apparent that production of quality table potatoes is also possible in regions of the Czech Republic, former intended for growing of very early potato varieties, for first early consumption.

Keywords: potatoes; cooking quality; location; variety; year

ABSTRAKT: V práci byla sledována stolní hodnota a její složky (vzhled syrových a vařených hlíz, vůně hlíz po uvaření, chuť hlíz, trvanlivost barvy po uvaření, pevnost dužniny a rozvářivost) u hlíz brambor vypěstovaných v rozdílných půdně-klimatických podmínkách tradiční bramborařské zemědělské výrobní oblasti (vyšší oblasti) a v teplejší, úrodnější, především řepařské zemědělské výrobní oblasti (nižší oblasti). Přesné polní pokusy s pěti odrůdami (raná Karin, polorané Agria, Korela, Rosella a Santé) proběhly v letech 1995 až 1997 na šesti stanovištích ve vyšších a na šesti stanovištích v nižších oblastech (Vokál et al., 1999). U vzorků hlíz odebraných při sklizni a skladovaných za jednotlivých podmínek byla vždy v prosinci sklizňového roku zjišťována stolní hodnota podle popsané metody (Zadina, Jermoljev, 1976). V průměru pracovišť a let byla v nižších oblastech průměrná roční teplota vyšší o 1,8 °C (26,5 %), ve vegetaci pak o 2,1 °C (16,2 %). V případě úhrnu ročních srážek činil rozdíl 111 mm (19,6 %), ve vegetaci 70 mm (16,2 %) ve prospěch vyšších oblastí. Potvrdil se rozhodující vliv ročníku, který významně ovlivnil celkovou stolní hodnotu, vzhled syrových a vařených hlíz, vůni a chuť. Vliv odrůdy nebyl zcela jednoznačný (statisticky významný vliv byl však zjištěn u rozhodujících znaků, tj. u celkové stolní hodnoty, vzhledu vařených hlíz, vůně a chuti). Relativně nejlepší postavení bylo zaznamenáno u odrůdy Karin (varný typ B-BA). Oblast se projevila statisticky významně u všech ukazatelů s výjimkou vzhledu syrových hlíz a vůně, a to (při hodnocení průměru tří let) vždy ve prospěch nižších oblastí. Celková

stolní hodnota činila v jejich případě 61,42 bodu a byla o 6,2 % lepší. V případě chuti pak 21,28 bodu (o 4,7 % lepší). Pokusy prokázaly, že nižší, teplejší a úrodnější oblasti mají předpoklady pro produkci kvalitních konzumních brambor i přes relativní nedostatek srážek.

Klíčová slova: brambory; stolní hodnota; stanoviště; odrůda; ročník

ÚVOD

Úroveň stolní hodnoty patří u konzumních brambor k nejdůležitějším kvalitativním ukazatelům. Stolní hodnotu ovlivňuje především odrůda, stanovištní podmínky, agrotechnická a fytopatologická opatření ve vegetaci a zásahy v průběhu sklizně, tržní úpravy a skladování. Stolní hodnota je výslednicí úrovně řady ukazatelů, ke kterým patří především vzhled syrových a vařených hlíz, vůně, chuť, pevnost, rozvářivost, tmavnutí hlíz po uvaření (trvanlivost) apod. Hodnocen je i varný typ (A, B, C, D), který je především informací pro spotřebitele o vhodnosti odrůdy pro jednotlivé způsoby kuchyňského zpracování a využití.

Rozhodující vliv odrůdy (Štorková, 1997) a dalších faktorů souvisí především s obsahem škrobu, sušiny, dusíku, draslíku a případně dalších látek v hlíze (Prugar et al., 1977; Míča, 1990). Míča (1990) zjistil negativní korelaci mezi chutí brambor a obsahem sušiny a škrobu, naproti tomu pozitivní vliv vyššího obsahu N a K v hlíze. Optimum poměru N : K v hlíze bývá udáváno pro rozmezí 1 : 2,5 až 2,7. Posun tohoto poměru vede ke zhoršení chuti hlíz (Míča, 1988).

V ČR byla rozhodující plocha konzumních brambor tradičně soustředěna ve vyšších polohách, tj. v bramborařské zemědělské výrobní oblasti (dále jen vyšší oblasti). V nižších, teplejších a úrodnějších polohách, tj. zejména v řepařské zemědělské výrobní oblasti (dále jen nižší oblasti), byly převážně pěstovány brambory pro nejranější konzum. Za hlavní důvod tohoto stavu byly považovány především klimatické faktory, které v bramborařské zemědělské výrobní oblasti (Hruška et al., 1974) více vyhovují potřebám tohoto rostlinného druhu. Citovaný autor konstatuje, že pro pěstování brambor vyhovují oblasti, ve kterých v nejteplejším měsíci nepřesahuje průměrná teplota 18,5 °C (v nižších oblastech v průměru vyšší) a kde roční srážky činí 700 až 800 mm (v nižších oblastech v průměru výrazně nižší). Leština, Votoupal (1983) zjistili, že v podmínkách vyšší nadmořské výšky (670 m), bohatších srážek (ročně 1020 mm)

a nižších průměrných ročních teplot (5,8 °C) byla zaznamenána horší stolní hodnota a chuť hlíz.

Porovnání vlivu rozdílných půdně-klimatických podmínek na výnos a kvalitu brambor bylo u nás podrobněji provedeno až na základě výzkumného projektu podpořeného MZe ČR (IE 0950975119). Výsledky dosud publikované ve vědeckém tisku (Hamouz et al., 1999; Vokál et al., 1999) doplňuje tento příspěvek o podrobné hodnocení vlivu oblasti a odrůdy (ročníku) na velmi důležitý ukazatel kvality konzumních brambor, tj. na stolní hodnotu a její složky.

MATERIÁL A METODY

V letech 1995 až 1997 byly v přesných polních pokusech na šesti stanovištích ve vyšších a šesti stanovištích v nižších oblastech vedeny konzumní, převážně polorané odrůdy Agria, Karin (raná), Korela, Rosella a Santé s cílem zjistit vliv rozdílných ekologických podmínek dané zemědělské výrobní oblasti na řadu ukazatelů, charakterizujících především výnos a kvalitu brambor. V tab. I jsou uvedeny nejzákladnější údaje o podmínkách pokusů. Podrobnou charakteristiku jednotlivých stanovišť publikovali Hamouz et al. (1999). Při jednotné agrotechnice a ochraně byl stanoven výnos a u vzorků hlíz odebraných při sklizni byly provedeny další rozborů. Stolní hodnota (a její složky) byla stanovena chuťovou degustační zkouškou v prosinci sklizňového roku podle popsaného postupu (Zadina, Jermoljev, 1976). Výsledky byly statisticky zhodnoceny metodou analýzy variance.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V průměru při porovnání s dlouhodobým normálem (tab. I) byla zaznamenána tendence relativně minimální odchylky průměrné teploty vegetačního období (výrazněji u vyšších oblastí o 2,4 %). U dešťových srážek byly

I. Základní charakteristika podmínek pokusů v nižších a vyšších oblastech (průměr pracovišť a let) – Principal characterization of trial conditions in lower and higher regions (average over localities and years)

Oblast ¹	Průměrná nadmořská výška ² (m)	Průměrná teplota ³ (°C)			Dešťové srážky ⁴ (mm)		
		roční ⁵	vegetační období ⁶		roční	vegetační období	
			normál ⁷	průměr ⁸ 1995–1997		normál	průměr 1995–1997
Nižší ⁹	244	8,6	15,2	15,1	566	360	432
Vyšší ¹⁰	531	6,8	12,7	13,0	677	425	502

¹region, ²mean altitude, ³mean temperature, ⁴rainfalls, ⁵yearly, ⁶vegetation period, ⁷normal, ⁸average, ⁹lower, ¹⁰higher

II. Analýza variance pro celkovou stolní hodnotu (0 až 100 bodů) – Analysis of variance for total cooking quality (0 to 100 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	26,96	4,36	4,16	3,00	22,86	1,61	20,17	8,67	8,33
Průkaznost ⁶	**	**	*	*	**		**	**	**

Průkazné rozdíly ⁷													
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶		\bar{x}	průkaznost		\bar{x}	průkaznost		\bar{x}	průkaznost	
Oblast ²	nižší ⁹	62,57	a		57,53	a	b	64,17	a		61,42	a	
	vyšší ¹⁰	53,63		b	60,30		a	59,60		b	57,84		b
Ročník ⁴	1995										58,10		b
	1996										58,92		b
	1997										61,88	a	
Odrůda ³	Karin	61,75	a		61,17	a		63,00	a		61,97	a	
	Santé	60,42	a	b	61,17	a		62,58	a		61,39	a	
	Agria	60,83	a	b	60,08	a		62,75	a		61,22	a	
	Korela	54,25	a	b	55,92	a		61,33	a		57,17		b
	Rosella	53,25		b	56,25	a		59,75	a		56,42		b

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

Rozdíly mezi průměrnými hodnotami označenými stejnými písmeny nejsou průkazné – Differences between mean values designated with the same letters are not significant

¹average, ²region, ³variety, ⁴year, ⁵F-test, ⁶significance, ⁷significant differences, ⁸index, ⁹lower, ¹⁰higher, ¹¹significant, ¹²highly significant

v pokusných letech zaznamenány nadprůměrné hodnoty (v průměru let a pracovišť u nižších oblastí o 20 %, u vyšších o 18,1 %).

Komplexním ukazatelem, charakterizujícím poměrně velmi dobře kvalitu hlíz, je **celková stolní hodnota** (tab. II), která může dosáhnout až 100 bodů. V průměru celého souboru se nejvýrazněji uplatnila oblast a rovněž vliv odrůdy a ročníku byl statisticky významný. Je zajímavé, že toto zjištění platilo i pro jednotlivé pokusné roky, ale působení nebylo jednoznačné. V letech 1995 a 1997 byla prokázána významně vyšší úroveň v nižších, v roce 1996 pak ve vyšších oblastech. Vegetační období roku 1996 bylo v nižších oblastech chladnější na všech pracovištích (k normálu v průměru o 0,6 °C) a teplota mohla ovlivnit jednotlivé složky působící na úroveň celkové stolní hodnoty tak, že došlo k jejímu snížení pod úroveň zjištěnou ve vyšších oblastech. Tento rok byl zajímavý i tím, že stolní hodnota ve vyšších oblastech byla nejvyšší a opačně v nižších oblastech nejnižší ze všech pokusných let. Celková úroveň stolní hodnoty byla však v průměru v nižších oblastech významně vyšší (o 3,58 bodu, tj. o 6,2 %), a tím se nepotvrdil předpoklad lepší stolní hodnoty v podmínkách vyšších oblastí (Hruška et al., 1974). Statisticky významný vliv zkoušených odrůd byl sice zaznamenán v letech 1995 a 1997, ale průkazný rozdíl byl zjištěn pouze mezi nejlépe umístěnou odrůdou Karin a odrůdou Rosella v roce 1995. V průměru celého souboru byla zaznamenána průkazná tendence ve prospěch odrůd Karin, Santé

a Agria při porovnání s odrůdami Korela a Rosella. Významný byl i vliv ročníku, a to pro výsledky roku 1997, které byly významně lepší než průměrné výsledky let 1995 a 1996.

Vzhled syrových hlíz (tab. III), který může být hodnocen až 12 body, byl statisticky významně ovlivněn pouze v případě lepších výsledků nižších oblastí v roce 1997. Působení oblasti (v ostatních letech a v průměru), podobně jako v případě odrůd (nejpříznivěji byla hodnocena odrůda Karin), bylo nevýznamné. Významný vliv ročníku souvisel s příznivým ovlivněním vzhledu syrových hlíz v roce 1997 (rozdíl k roku 1995 přesáhl hranici statistické významnosti).

Zajímavé je, že **vzhled vařených hlíz** (tab. IV), s maximální hranicí 16 bodů, již statisticky významně ovlivnil nejen ročník, ale i oblast a odrůda. Příznivější hodnocení získaly v průměru hlízy z nižších oblastí (statisticky významně a jednoznačně ve všech letech). Z odrůd v průměru Karin a Agria měly vzhled hlíz průkazně lepší než ostatní odrůdy zařazené v pokuse. Důvodem byly především výsledky zjištěné v roce 1995 (v dalších letech byla zaznamenána pouze nevýznamná tendence lepších výsledků těchto odrůd). Tendence příznivého hodnocení roku 1997 byla zjištěna i u tohoto ukazatele (k roku 1996 významně).

Vůně hlíz po uvaření (tab. V) je hodnocena až 8 body a patří k významným znakům kvality konzumních brambor, i když zatím chybí dostatek informací o vlivu prostředí a odrůdy na aromatické sloučeniny ovlivňující

III. Analýza variance pro vzhled syrových hlíz (0 až 12 bodů) – Analysis of variance for raw potato appearance (0 to 12 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	0,01	1,11	0,16	0,39	6,83	1,11	1,43	0,67	5,42
Průkaznost ⁶					*				**

Průkazné rozdíly ⁷												
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶			\bar{x}	průkaznost			\bar{x}	průkaznost	
Oblast ²	nižší ⁹	8,57	a			8,90	a			9,57	a	
	vyšší ¹⁰	8,60	a			9,00	a			8,87	b	
Ročník ⁴	1995									8,58	b	
	1996									8,95	a	
	1997									9,22	a	
Odrůda ³	Karin	8,83	a			8,92	a			9,58	a	
	Santé	9,00	a			9,00	a			9,08	a	
	Agria	8,50	a			9,08	a			8,75	a	
	Korela	8,08	a			9,08	a			9,33	a	
	Rosella	8,50	a			8,67	a			9,33	a	

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

For 1–12 see Tab. II

tento znak (Ulrich et al., 1998). Značný vliv má při senzorickém hodnocení pravděpodobně především genotyp, což výsledky pokusů potvrdily, i když pořadí odrůd i výsledky jednotlivých let ukazují na možnost rozdílné

reakce odrůd na ekologické podmínky jednotlivých ročníků. Ročník ovlivnil chuť hlíz statisticky významně a opět nejlepší byl rok 1997. Rozdíl k rokům 1995 a 1996 byl vždy významný. Oblast se významně neuplatnila,

IV. Analýza variance pro vzhled vařených hlíz (0 až 16 bodů) – Analysis of variance for cooked potato appearance (0 to 16 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	11,80	4,56	0,03	1,22	22,66	2,26	24,27	5,30	6,06
Průkaznost ⁶	**	**			**		**	**	**

Průkazné rozdíly ⁷												
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶			\bar{x}	průkaznost			\bar{x}	průkaznost	
Oblast ²	nižší ⁹	10,83	a			9,23	a			11,23	a	
	vyšší ¹⁰	9,20	b			9,17	a			9,20	b	
Ročník ⁴	1995									10,02	a	
	1996									9,20	b	
	1997									10,22	a	
Odrůda ³	Karin	11,17	a			10,08	a			10,25	a	
	Santé	10,25	a b c			9,08	a			9,67	a b	
	Agria	11,00	a b			9,00	a			11,42	a	
	Korela	8,75	b c			8,83	a			9,67	a b	
	Rosella	8,92	c			9,00	a			10,08	a b	

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

For 1–12 see Tab. II

byly sice zaznamenány v průměru lepší výsledky u nižších oblastí, které však nebyly v jednotlivých letech potvrzeny (v roce 1995 významně lepší nižší oblasti, v ostatních ročníchích nevýznamně lepší vyšší oblasti).

Relativně nejmenší vliv na **chuť hlíz** (tab. VI), která je rozhodující složkou stolní hodnoty (až 40 bodů), měla oblast. V průměru významně lepší chuť byla sice zjištěna u nižších oblastí, ale v jednotlivých letech směřovala tendence více ve prospěch oblastí vyšších (v roce 1997 a významně v roce 1996). Příznivý výsledek zaznamenaný v průměru celého pokusu souvisel s hodnocením v roce 1995, ve kterém byl rozdíl zjištěný ve prospěch nižších oblastí velmi výrazný (26,1 %). Významnější vliv příslušel odrůdám a ročníku. V průměru nejlepších výsledků dosáhla odrůda Karin. Zajímavé je, že jednoznačně nejnižší úroveň chutě byla zaznamenána u hlíz odrůdy Rosella. I tento ukazatel je pravděpodobně v těsné závislosti na vlastnostech genotypu a vliv ostatních faktorů není již tak výrazný. Významnost vlivu ročníku může být ovlivněna i určitou subjektivitou při degustaci. Nejlépe umístěný ročník 1997 měl úroveň chutě významně lepší než ročník 1995.

Pevnost dužniny a s ní spojená **rozvářivost** (tab. VII) byla významně ovlivněna pouze oblastí, a to ve prospěch teplejších oblastí. Je zajímavé, že toto zjištění neplatilo v roce 1996, ve kterém hodnota zaznamenaná ve vzorků pocházejících z nižších oblastí vykazovala významně vyšší pevnost. Významně se neprojevil ročník a překvapivě ani vliv odrůd. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u odrůdy Karin (tato tendence však v roce 1997 nebyla potvrzena).

Trvanlivost (intenzitu barevných změn po uvaření) významně ovlivnila pouze oblast (tab. VIII). Příznivější výsledky byly zaznamenány v případě nižších oblastí i přes skutečnost, že v roce 1996 byla lepší úroveň tohoto znaku zaznamenána u vyšších oblastí. V tomto roce byl však rozdíl nevýznamný (v ostatních letech významný ve prospěch nižších oblastí). V průměru byl vliv odrůd i ročníku nevýznamný. I tak je zajímavé, že relativně nejlépe u předchozích ukazatelů umístěná odrůda Karin byla v tomto případě hodnocena méně příznivě.

Porovnáme-li uvedené výsledky s dostupnými informacemi, zjistíme, že podobná práce, sledující vliv rozdílných stanovištních podmínek, není k dispozici. Nesplnilo se očekávání (Hruška et al., 1974; Míča, 1988), že při pěstování konzumních brambor v nižších, srážkově chudších – např. Zrůst (1984) se zmiňuje o rozhodujícím významu vody – a především teplejších oblastech bude výsledná stolní hodnota horší. Toto očekávání pravděpodobně souvisí s předpokladem, že v těchto oblastech budou hlízy obsahovat více škrobu (sušiny), a proto lze očekávat snížení stolní hodnoty (Míča, 1990). Je zajímavé, že ani tento předpoklad nebyl splněn, neboť v průměru byl obsah sušiny v nižších oblastech sice vyšší (21,67 %), ale nevýznamně, pouze o 0,18 % sušiny (Vokál et al., 1999). Navíc v roce 1997, kdy byla zaznamenána nejvyšší úroveň tohoto znaku, byl zjištěn zároveň nejvyšší obsah sušiny v hlízách. Z výsledků je zřejmé, že produkce kvalitních konzumních brambor je možná i v oblastech dříve v ČR určených převážně pro pěstování velmi raných odrůd pro nejranější konzum. Vliv odrůd zařazených v pokuse byl

V. Analýza variance pro vůni vařených hlíz (0 až 8 bodů) – Analysis of variance for cooked potato odour (0 to 8 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	16,89	2,83	3,28	6,46	0,15	2,25	0,79	6,01	9,73
Průkaznost ⁶	**	*		**				**	**

Průkazné rozdíly ⁷											
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶		\bar{x}	průkaznost		\bar{x}	průkaznost		
Oblast ²	nižší ⁹	6,33	a		5,77	a		6,53	a	6,21	a
	vyšší ¹⁰	5,37		b	6,30		a	6,60		6,09	a
Ročník ⁴	1995									5,85	
	1996									6,03	
	1997									6,57	a
Odrůda ³	Karin	6,00	a	b	6,08	a		6,67	a	6,25	a
	Santé	5,58	a	b	6,42	a		7,00	a	6,33	a
	Agria	6,50	a		6,67	a		6,50	a	6,56	a
	Korela	5,83	a	b	4,58		b	6,25	a	5,56	
	Rosella	5,33		b	6,42	a		6,42	a	6,06	a

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

VI. Analýza variance pro chuť vařených hlíz (0 až 40 bodů) – Analysis of variance for cooked potato flavour (0 to 40 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	22,26	2,0	5,99	6,00	0,0	7,05	5,14	10,41	10,62
Průkaznost ⁶	**		*	**		**	*	**	**

Průkazné rozdíly ⁷										
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶		\bar{x}	průkaznost		\bar{x}	průkaznost	
Oblast ²	nižší ⁹	21,77	a		20,20	a		21,87	a	
	vyšší ¹⁰	17,27		b	21,83		b	21,87		b
Ročník ⁴	1995							19,52		b
	1996							21,02	a	
	1997							21,87	a	
Odrůda ³	Karin	21,08	a		22,17	a	b	23,75	a	
	Santé	20,42	a		22,75	a		22,33	a	
	Agria	20,08	a		22,08	a	b	21,75	a	b
	Korela	18,67	a		19,25		b	21,83	a	b
	Rosella	17,33	a		18,83		c	19,67	b	c

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

For 1–12 see Tab. II

u většiny ukazatelů (s výjimkou vzhledu syrových hlíz, trvanlivosti po uvaření a překvapivě i v případě pevnosti dužniny a rozvářivosti) statisticky významný, a potvrdil tak publikované výsledky (Štorková, 1997). Relativně

nejlépe se umístila odrůda Karin, tj. odrůda, která je řazena k varnému typu B–BA (Anonym, 1998). Ostatním odrůdám náleží varný typ B, v případě odrůdy Korela B–BC.

VII. Analýza variance pro pevnost dužniny a rozvářivosti (0 až 16 bodů) – Analysis of variance for flesh firmness and sloughing (0 to 16 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	6,63	1,78	4,33	1,82	19,94	1,35	10,34	0,82	2,53
Průkaznost ⁶	*		*		**		**		

Průkazné rozdíly ⁷										
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶		\bar{x}	průkaznost		\bar{x}	průkaznost	
Oblast ²	nižší ⁹	10,33	a		9,13	a		10,10	a	
	vyšší ¹⁰	9,30		b	9,57		b	9,07		b
Ročník ⁴	1995							9,82	a	
	1996							9,35	a	
	1997							9,58	a	
Odrůda ³	Karin	10,75	a		9,67	a		9,17	a	
	Santé	9,33	a		9,33	a		9,58	a	
	Agria	9,92	a		8,83	a		10,00	a	
	Korela	9,25	a		9,50	a		9,67	a	
	Rosella	9,83	a		9,42	a		9,50	a	

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

For 1–12 see Tab. II

VIII. Analýza variance pro trvanlivost barvy vařených hlíz (0 až 8 bodů) – Analysis of variance for colour durability of cooked potatoes (0 to 8 scale points)

	1995		1996		1997		Průměr ¹ \bar{x}		
	oblast ²	odrůda ³	oblast	odrůda	oblast	odrůda	oblast	odrůda	ročník ⁴
F-test ⁵	11,08	5,19	0,18	1,19	4,87	2,29	9,24	2,36	0,35
Průkaznost ⁶	**	**			*		**		

Průkazné rozdíly ⁷														
Ukazatel ⁸		\bar{x}	průkaznost ⁶			\bar{x}	průkaznost			\bar{x}	průkaznost			
Oblast ²	nižší ⁹	4,73	a			4,30	a			4,87	a			
	vyšší ¹⁰	3,93		b		4,40		a		4,10		b		
Ročník ⁴	1995											4,33	a	
	1996											4,35	a	
	1997											4,48	a	
Odrůda ³	Karin	4,75	a	b		4,25	a			3,58		b	4,19	a
	Santé	4,75	a	b		4,50	a			5,17	a		4,81	a
	Agria	4,83	a			4,42	a			4,33	a	b	4,53	a
	Korela	3,58			c	4,67	a			4,58	a	b	4,28	a
	Rosella	3,75		b	c	3,92	a			4,75	a	b	4,14	a

* významný¹¹ ($P < 0,05$)

** vysoce významný¹² ($P < 0,01$)

For 1–12 see Tab. II

LITERATURA

Anonym (1998): Katalog odrůd brambor. ÚBS ČR.

Hamouz K., Čepl J., Vokál B., Lachman J. (1999): Influence of locality and way of cultivation on the nitrate and glycoalkaloid content in potato tubers. *Rostl. Vyr.*, 45: 495–501.

Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V. (1999): Influence of environmental conditions and way of cultivation on the polyphenol and ascorbic acid content in potato tubers. *Rostl. Vyr.*, 45: 293–298.

Hruška L. et al. (1974): *Brambory*. Praha, SZN: 88–89.

Leština J., Votoupal B. (1983): Vliv hnojení, hustoty porostu a různých půdně klimatických podmínek na stolní hodnotu brambor. *Rostl. Vyr.*, 29: 327–332.

Míča B. (1988): Využití brambor a jejich produktů. In: *Brambory*. Praha, SZN: 11–32.

Míča B. (1990): Über die Beziehungen zwischen einigen chemischen Bestandteilen und dem Geschmack von Kartoffelknollen. *Kartoffelbau*, 41: 62–63.

Prugar J. et al. (1977): *Kvalita rostlinných produktů*. Praha, SZN: 160–184.

Štorková J. (1997): Kvalita brambor a pšenice ozimé z ekologického a konvenčního pěstební systému. In: *Sbor. Ref. Nové pohledy na jakost produktů rostlinného původu*, Troubsko, VÚP: 264–267.

Ulrich D., Hoberg E., Tiemann H. (1998): The aroma of cooked potatoes. *Beitr. Zücht.-Forsch.*, 4: 204–209.

Vokál B., Hamouz K., Čepl J. (1999): Vliv rozdílných ekologických podmínek bramborářské a řepařské zemědělské výrobní oblasti na výnos a vybrané ukazatele kvality. *Věd. Práce VÚB Havlíčkův Brod*, 13: 123–131.

Zadina J., Jermoljev J. (1976): *Šlechtění bramboru*. Praha, SZN: 110–118.

Zrůst J. (1984): Fotosyntetická produktivita rostlin i porostů brambor a potenciální výnos. *Rostl. Vyr.*, 30: 1103–1111.

Došlo 25. 5. 2000

Kontaktní adresa:

Ing. Bohumil Vokál, CSc., Výzkumný ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika, tel.: + 420 451 46 62 17, fax: + 420 451 215 78, e-mail: vokal@vubhb.cz

**Změna publikačního jazyka
ve vědeckých časopisech
České akademie zemědělských věd**

Na základě doporučení Vydavatelské rady ČAZV budou od 1. 1. 2001 v časopise **Rostlinná výroba** (Plant Production) publikovány všechny příspěvky **pouze v angličtině**.

**A change of publication language
in Scientific Journals
of the Czech Academy of Agricultural Sciences**

As recommended by Board of Publishers of the Czech Academy of Agricultural Sciences all papers in **Rostlinná výroba** (Plant Production) will be published **solely in English** since 1st January 2001.

ÚSPORNÁ DOPLŇKOVÁ ZÁVLAHA RANÝCH BRAMBOR

WATER-SAVING SUPPLEMENTARY IRRIGATION OF EARLY POTATOES

J. Zavadil

Research Institute for Soil and Water Conservation, Prague, Czech Republic

ABSTRACT: The investigation was aimed at finding an optimum irrigation regime for early potatoes. For this purpose, small plot experiments were conducted in 1998 and 1999. The treatments comprised two different irrigation regimes, two methods of irrigation (drip – KZ and microsprinkling – MP) and a non-irrigated control. The two irrigation regimes differed in the threshold soil water suction at which water was applied: 35 cbar in the first treatment (1) and 7 cbar in the second treatment (2). The soil water suction was measured by Watermark (Granular Matrix Sensors) sensors placed at 0.3 m depth. The amount of water applied to each treatment was measured by separate water meters. The yields per unit area were determined by harvesting 10 randomly selected plants. The production efficiency of irrigation, regarded as an objective measure of the influence of irrigation on yield of early potatoes, was calculated as a ratio of the yield increase with respect to the non-irrigated control per 1 m³ of water supplied by irrigation. Its reciprocal value expresses the irrigation water consumption per 1 kg of yield increase per hectare. The rainfall distribution over the months of April and May was quite irregular in both the years 1998 and 1999. The majority of the growing season precipitation occurred in June (Tab. I), while the precipitation sums in April and May of both years were substantially lower than the average consumptive water use of early potatoes as reported by Daniel (Rybáček et al., 1988), the latter being 45 mm for April and 70 mm for May. The soil water suction in the non-irrigated control, having been about 20 cbar at the beginning of May of both years, increased to about 80 cbar in 1998 and even up to about 120 cbar in 1999 towards the end of May. Majority of irrigation water to the 7 cbar threshold treatments was supplied in May, which was also the only month when irrigation was applied at all in the 35 cbar threshold treatments (Tab. II). In June, the soil water suction did not exceed 35 cbar. The 7 cbar threshold treatments, both with drip irrigation and with microsprinkling, underwent much higher number of irrigation applications than the 35 cbar threshold treatments and also received much more irrigation water. The tubers in the non-irrigated control were significantly less numerous than in any of the irrigated treatments, both in 1998 and in 1999, due to the harmful impact of water stress at the stage of tuber formation, as described, e.g. by MacKerron, Jefferies (1986). The yields of tubers larger than 5 cm were significantly higher in all irrigated treatments and in both the years in comparison with those in the non-irrigated control, except for the 35 cbar threshold drip irrigation treatment (KZ1) in 1999. If judged according to their impact on tuber yields, the best treatments were the drip irrigation at 7 cbar threshold (KZ2) in 1999 and the microsprinkling at 35 cbar threshold (MP1) in 1999. The yield difference between the KZ1 a KZ2 treatments in 1998 was insignificant but the amount of irrigation water applied was about 3.5 times smaller in KZ1 than in KZ2. In 1999, the yield in the 35 cbar threshold microsprinkling treatment (MP1) was significantly higher than that in the microsprinkling 7 bar threshold treatment (MP2), while the difference in tuber numbers between these two treatments was insignificant, from which it follows that the tubers were larger in MP1. Comparing MP1 and MP2 in 1999, one can also see that the (insignificantly) higher yield in MP1 was obtained with about 3 times smaller amount of irrigation water. The highest production efficiency of irrigation was found, in both the years, in the 35 cbar threshold treatments, i.e. with the water-saving irrigation regime (Fig. 1). The total amount of applied irrigation water was only 45.5 mm in KZ1 in 1998 and 60 mm in MP1 in 1999. In 1998, the production efficiency of irrigation was 2.6 times higher in KZ1 than in KZ2. In 1999, it was even 4.7 times higher in MP1 than in MP2. Obviously, the treatments with highest production efficiency of irrigation had the lowest irrigation water consumption per 1 kg of yield increase (Tab. IV). It is evident from the above findings that the best treatments, among the treatments studied, were those in which irrigation was applied when the soil water suction at the depth of 0.3 m had risen to 35 cbar. This suction value corresponded, for a given soil, to 40% field capacity. It was thus confirmed that the progressive, water-saving irrigation technologies, if competently used, are suitable for irrigation of early potatoes.

Keywords: early potatoes; drip irrigation; microsprinkling; soil water suction; Granular Matrix Sensors; production efficiency of irrigation water use; irrigation amount

ABSTRAKT: S cílem zjistit optimální vláhový režim půdy v porostu raných brambor byly v letech 1998 a 1999 vedeny maloplošné pokusy, které zahrnovaly nezavlažovanou kontrolu a dvě rozdílné varianty vláhového režimu půdy při kapkové závlaze a mikropostřiku. U první varianty byly závlahové dávky aplikovány při sacím tlaku půdní vody 35 cb a u druhé při sacím tlaku půdní vody 7 cb. Sací tlaky půdní vody byly měřeny čidly Watermark (Granular Matrix Sen-

sors – GMS) osazenými v hloubce 0,3 m. Ze zvolených variant byly jednoznačně nejlepší varianty se závlahou při hodnotě sacího tlaku půdní vody 35 cb v hloubce 0,3 m. Oproti nezavlažované kontrole došlo u těchto variant k největšímu přírůstku výnosu hlíz na 1 m³ aplikované závlahové vody. Hodnota sacího tlaku půdní vody 35 cb odpovídala v daných podmínkách 40 % polní vodní kapacity.

Klíčová slova: rané brambory; kapková závlaha; mikropostřik; sací tlak půdní vody; Granular Matrix Sensors; produkční účinnost závlahové vody; závlahové množství

ÚVOD

Rané brambory patří mezi plodiny citlivé na vodní stres. Z řady vědeckých a odborných prací popisujících účinky vodního stresu na výnos a kvalitu hlíz je zřejmé, že síla těchto účinků závisí na době výskytu vodního stresu, délce jeho trvání a jeho intenzitě. Adams, Stevenson (1990) a Stark, Wright (1985) uvádějí, že vodní stres může být příčinou snížení výnosu a kvality hlíz kdykoli během růstu brambor. Rybáček et al. (1988) se domnívají, že na výnos hlíz u velmi raných odrůd mají hlavní vliv srážky v červnu a u raných odrůd srážky v červenci. Za optimální obsah vody v lehkých a středně těžkých půdách se považuje její obsah při 70 až 80 % polní vodní kapacity. Jako minimální zásobu vody v půdě v době vegetace raných brambor udává ČSN 75 0434 obsah vody v půdě odpovídající 60 až 70 % její využitelné vodní kapacity (VVK) a účinnou hloubku navlážení 0,4 m. (VVK je rozdíl mezi polní vodní kapacitou půdy a bodem vadnutí.) Tato norma předpokládá celkovou vláhovou potřebu raných brambor v Polabí (v období od 1. 4. do 30. 6.) a na jižní Moravě (v období od 20. 3. do 20. 6.) 200 mm. Stejnou potřebu srážek u nejrannějších odrůd brambor uvádí také Hlaváč (Rybáček et al., 1988). Z ní by mělo připadat 6 % (12 mm) na duben, 21 % (42 mm) na květen, 67 % (134 mm) na červen a 6 % (12 mm) na červenec. Daniel (cit. Rybáček et al., 1988) považuje za optimální pro rané brambory úhrn srážek v dubnu 45 mm, v květnu 70 mm, v červnu 90 mm a v červenci 80 až 90 mm. Srážkový úhrn za duben až červen je v průměrném roce v Polabí a na jižní Moravě zhruba o 30 až 60 mm nižší (v závislosti na lokalitě). Z publikovaných poznatků (Slavík, 1999) je zřejmé, že ve vegetačním období velmi raných odrůd se vláhové deficity nejčastěji vyskytují v období od třetí dekády května do konce června, tedy v období intenzivní tvorby hlíz. Rané odrůdy brambor postihují také vláhové deficity vyskytující se v červenci. Doplnková závlaha je proto jedním z nezbytných předpokladů pro dosažení stabilních, vysokých výnosů raných brambor.

Po transformaci zemědělství jsou rané brambory spolu se zeleninou hlavními zavlažovanými plodinami. Podle *Situacní a výhledové zprávy MZe ČR (1999)* bylo jimi v roce 1999 osázeno 17 941 ha (včetně množitelských ploch). Výměra zavlažovaných raných brambor není zvlášť sledována, a proto o ní neexistují spolehlivé údaje. Zavlažuje se výhradně postřikem. Chybí kvalifikované řízení závlahového režimu, tj. stanovení velikosti závlahové dávky a termínu její aplikace. Závlahový režim řídí

každý pěstitel sám pouze na základě svých zkušeností. Při tomto způsobu řízení závlahového režimu je velká pravděpodobnost neefektivní aplikace závlahových dávek. Plýtvání vodou vede ke zvyšování nákladů na závlahu, a tím ke snižování rentability pěstování raných brambor. S očekávaným výrazným nárůstem cen energií a ceny surové vody z vodního zdroje v příštích letech lze oprávněně předpokládat výrazné zvýšení ceny závlahové vody. V důsledku toho se zvýší význam opatření vedoucích k výrazným úsporám v dodávce závlahové vody. Mezi tato opatření patří kromě zavedení racionálního způsobu řízení režimu závlah používání kapkové závlahy a mikropostřiku, které jsou z hlediska spotřeby vody mnohem úspornější než ostatní závlahové systémy, umožňují lepší distribuci závlahové vody na pozemcích a její dodání v termínu prokázané potřeby. Tyto závlahové systémy jsou méně náročné na obsluhu a jejich provoz lze velmi dobře automatizovat.

Pro posouzení účinnosti dodávky vody k raným bramborům kapkovou závlahou a mikropostřikem a pro stanovení nevhodnějšího vodního režimu půdy v porostu raných brambor byly vedeny experimenty, jejichž výsledky jsou uvedeny v tomto příspěvku.

MATERIÁL A METODY

Byly založeny maloplošné pokusy na experimentální ploše VÚMOP Praha v Hořině na okrese Mělník s těmito variantami:

- kontrola bez závlahy
- kapková závlaha, závlaha při poklesu sacího tlaku půdní vody na 35 cb
- kapková závlaha, závlaha při poklesu sacího tlaku půdní vody na 7 cb
- mikropostřik, závlaha při poklesu sacího tlaku půdní vody na 35 cb
- mikropostřik, závlaha při poklesu sacího tlaku půdní vody na 7 cb

Každá varianta pokusu měla čtyři opakování. Pro kapkovou závlahu bylo použito zavlažovací potrubí s nekompensačními kapkovači (typ DRIPEX) uložené na řádcích brambor. Spon kapkovačů byl 0,5 m a jejich výkon 2 l za 1 h. Mikropostřikovače měly intenzitu postřiku 2 mm za 1 h. Závlahový režim byl řízen podle dynamiky sacích tlaků půdní vody měřených čidly Watermark (Granular Matrix Sensors – GMS), vyrobenými fy Irrrometer Co., Riverside, CA, USA. Na

každé variantě byla osazena tři čidla v aktivní hloubce provlažení 0,3 m. Hodnoty sacích tlaků půdní vody byly měřeny měřičem 300 KTC dodávaným výrobcem čidel. Testováním čidel v laboratorních podmínkách bylo zjištěno, že hodnota sacího tlaku půdní vody 35 cb odpovídá 40 % a hodnota 7 cb 65 % polní vodní kapacity. Polní vodní kapacita půdy v hloubce 0,3 m se pohybovala v rozmezí od 25,9 do 31,5 % objemových a bod vadnutí od 7,3 do 9,1 % objemových. V roce 1998 byla v pokusu použita zakoupená sadba velmi rané odrůdy Impala a v roce 1999 sadba rané odrůdy Karin. Sadba obou odrůd byla certifikována jako C₁. Na podzim bylo hnojeno chlěvkým hnojem v dávce 40 t.ha⁻¹. Na jaře, před výsadbou brambor bylo aplikováno 80 kg N.ha⁻¹ (v čistých živinách). Brambory byly vysázeny ve sponu 0,65 × 0,30 m. Po výsadbě brambor a osazení čidel GMS byla půda do hloubky 0,3 m nasycena závlahovou vodou na polní vodní kapacitu, tj. na sací tlak půdní vody 0 cb. Ve vegetačním období brambor byla na polní vodní kapacitu nasycena vždy při poklesu sacího tlaku půdní vody na 35, resp. 7 cb. Množství závlahové vody u každé varianty bylo měřeno samostatným vodoměrem. V roce 1998 bylo vegetační období brambor od 2. 4. do 8. 7., v roce 1999 od 1. 4. do

20. 7. Výnos na jednotku plochy u každého opakování byl stanoven sklizní deseti náhodně vybraných keřů. Pro objektivní vyjádření vlivu závlahové vody na tvorbu výnosu raných brambor byla vypočtena produkční účinnost závlahové vody jako podíl přírůstku výnosu (zvýšení výnosu proti nezavlažované kontrole) na 1 m³ dodané závlahové vody a reciproční parametr vyjádřený potřebou závlahové vody na 1 kg přírůstku výnosu. Vliv závlahy na výnosy a počet hlíz byl vyhodnocen jednofaktorovou analýzou rozptylu na hladině významnosti 0,05.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Úhrn srážek za duben až červen roku 1998 (192,2 mm) téměř odpovídal vláhové potřebě raných brambor, uvedené v citované ČSN 75 0434. V roce 1999 byl úhrn srážek za toto období o více než 50 mm nižší než vláhová potřeba raných brambor. Rozdělení srážek v období duben až květen bylo v obou letech značně nerovnoměrné, většina srážek spadla v červnu (tab. I). Úhrn srážek za duben i květen byl v roce 1998 i 1999 podstatně nižší než průměrná potřeba vody pro rané brambory,

I. Teplota vzduchu a srážky ve vegetačním období raných brambor – Air temperature and precipitation over the growing season of early potatoes

Měsíc ¹	Dekáda ²	Průměrná denní teplota ³ (°C)			Úhrn srážek ⁴ (mm)		
		normál ⁵	Hořín		normál	Hořín	
			1998	1999		1998	1999
IV.	1.	7,0	10,8	11,0	11	5,5	1,6
	2.	8,7	7,3	7,4	12	9,4	7,6
	3.	10,4	14,7	11,7	11	3,9	10,5
	\bar{x}/Σ	8,7	10,9	10,0	34	18,8	19,7
V.	1.	12,1	15,1	13,1	17	10,0	3,5
	2.	13,8	15,9	14,0	16	0,0	10,4
	3.	15,0	15,4	17,5	19	26,5	32,8
	\bar{x}/Σ	13,6	15,5	14,9	52	36,5	46,7
VI.	1.	16,0	19,9	17,7	22	57,2	22,1
	2.	17,1	15,8	16,3	23	48,4	38,2
	3.	18,0	20,2	15,7	23	31,3	21,1
	\bar{x}/Σ	17,0	18,6	16,6	68	136,9	81,4
VII.	1.	18,7	14,9	21,3	24	27,8	39,4
	2.	19,2	18,7	20,2	24	13,6	32,4
	3.	19,2	20,9	19,5	28	20,9	3,6
	\bar{x}/Σ	19,0	18,3	20,3	76	62,3	75,4
IV.–VII.	\bar{x}/Σ	14,6	15,8	15,4	230	254,5	223,2

Normální průměrná denní teplota a normální úhrn srážek za období 1931 až 1960 – Long-term average daily temperatures and daily precipitation sums are taken over the period 1931 to 1960

\bar{x} = aritmetický průměr denních teplot – arithmetic mean of daily temperatures

Σ = úhrn srážek – precipitation sum

¹month, ²decade, ³average daily temperature, ⁴precipitation sum, ⁵normal

jakou uvádí Daniel (Rybáček et al., 1988), tj. 45 mm v dubnu a 70 mm v květnu. V roce 1998 i 1999 byly měsíce duben a květen srážkově podnormální a přitom teplotně nadnormální. Sací tlak půdní vody u nezavlažované kontroly se proto během května zvýšil z 20 cb v roce 1998 na ca 80 cb a v roce 1999 dokonce na ca 120 cb. U variant s aplikací závlahové dávky při sacím tlaku půdní vody 35 cb bylo v květnu dodáno celé závlahové množství a u variant s aplikací závlahové

dávky při sacím tlaku půdní vody 7 cb byla v tomto měsíci aplikována jeho převážná část (tab. II). V červnu již sací tlak půdní vody nepřekročil 35 cb. U variant s předzávlahovou vlhkostí půdy odpovídající sacímu tlaku půdní vody 7 cb byl u mikropostřiků i u kapkové závlahy mnohem větší počet závlahových dávek, a tím i mnohem větší závlahové množství než u variant s předzávlahovou vlhkostí půdy odpovídající sacímu tlaku půdní vody 35 cb.

II. Počet závlahových dávek a závlahové množství – Number of irrigation applications and amount of water applied

Varianta ¹	Počet závlahových dávek ²						Závlahové množství ³ (m ³ .ha ⁻¹)					
	1998			1999			1998			1999		
	V.	VI.	celkem ⁴	V.	VI.	celkem	V.	VI.	celkem	V.	VI.	celkem
KZ1	5	0	5	8	0	8	455	0	455	1 050	0	1 050
KZ2	11	3	14	10	4	14	1 256	320	1 576	1 110	590	1 700
MP1	3	0	3	5	0	5	460	0	460	600	0	600
MP2	7	1	8	8	3	11	660	100	760	1 290	520	1 810

K = kontrola bez závlahy – non-irrigated control

KZ1 = kapková závlaha, 35 cb – drip irrigation, 35 cbar

KZ2 = kapková závlaha, 7 cb – drip irrigation, 7 cbar

MP1 = mikropostřik, 35 cb – microsprinkling, 35 cbar

MP2 = mikropostřik, 7 cb – microsprinkling, 7 cbar

¹treatment, ²number of irrigation applications, ³amount of water applied, ⁴total

III. Statistické zhodnocení pokusů – Statistical evaluation of field trials

Srovnávané varianty ¹		Přepočteno na ke ² (ks ⁵)*				F-vypočtené ³		Statistické zhodnocení ⁴	
		1998		1999		1998	1999	1998	1999
Počet hlíz ⁶ > 5 cm									
K	KZ1	5,4	7,1	4,8	6,6	17,36	22,97	významné ⁸	významné
K	KZ2	5,4	8,0	4,8	8,8	29,42	93,59	významné	významné
K	MP1	5,4	8,7	4,8	8,5	36,14	73,55	významné	významné
K	MP2	5,4	8,0	4,8	8,0	13,14	79,94	významné	významné
KZ1	KZ2	7,1	8,0	6,6	8,8	3,91	29,92	nevýznamné ⁹	významné
MP1	MP2	8,7	8,0	8,7	8,0	0,88	0,23	nevýznamné	nevýznamné
KZ1	MP1	7,1	8,7	6,6	8,5	9,80	20,73	významné	významné
KZ2	MP2	8,0	8,0	8,8	8,0	0,002	0,005	nevýznamné	nevýznamné
Hmotnost hlíz ⁷ > 5 cm									
K	KZ1	635,2	957,0	452,5	519,6	25,74	3,18	významné	nevýznamné
K	KZ2	635,2	1 067,5	452,5	644,2	62,10	27,23	významné	významné
K	MP1	635,2	863,2	452,5	710,2	15,83	38,97	významné	významné
K	MP2	635,2	914,2	452,5	619,9	20,71	18,38	významné	významné
KZ1	KZ2	957,0	1 067,5	519,6	644,2	2,34	12,03	nevýznamné	významné
MP1	MP2	863,2	914,2	710,2	619,9	0,71	4,66	nevýznamné	významné
KZ1	MP1	957,0	863,2	519,6	710,2	2,24	22,09	nevýznamné	významné
KZ2	MP2	1 067,5	914,2	644,2	619,9	6,94	0,42	významné	nevýznamné

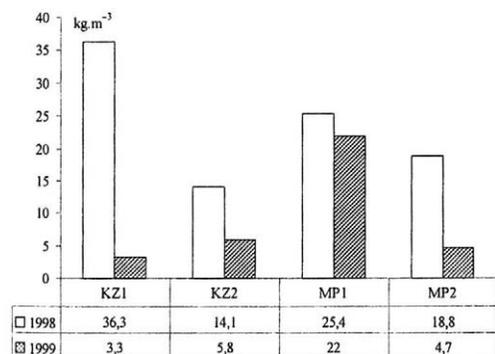
* aritmetický průměr z 10 keřů – arithmetic mean from 10 plants

hladina významnosti 0,05, kritická hodnota $F = 4,01$ – significance level 0.05, critical F value = 4.01

¹treatments compared, ²calculated per plant, ³ F -calculated, ⁴statistical evaluation, ⁵pcs, ⁶number of tubers, ⁷weight of tubers, ⁸significant, ⁹insignificant

Počet hlíz u všech zavlažovaných variant byl v roce 1998 i 1999 statisticky průkazně větší než u nezavlažované kontroly. Příčinou toho byl negativní účinek vodního stresu v období tvorby hlíz, jak jej popsali např. MacKerron, Jefferies (1986). S výjimkou varianty s kapkovou závlahou při hodnotě sacího tlaku půdní vody 35 cb (KZ1) v roce 1999 byl proti nezavlažované kontrole u zavlažovaných variant také statisticky průkazně větší výnos hlíz větších než 5 cm (tab. III). Podle vlivu na výnos hlíz byla v roce 1998 nejlepší kapková závlaha při hodnotě sacího tlaku půdní vody 7 cb (KZ2) a v roce 1999 mikropostřik při hodnotě sacího tlaku půdní vody 35 cb (MP1). Rozdíl ve výnosu hlíz mezi variantou KZ1 a KZ2 v roce 1998 byl statisticky nevýznamný. Závlahové množství u varianty KZ1 bylo přitom ca 3,5krát menší než u varianty KZ2 (tab. II). V roce 1999 byl výnos hlíz u varianty MP1 statisticky průkazně větší než u varianty s mikropostřikem při hodnotě sacího tlaku půdní vody 7 cb (MP2). Mezi počtem hlíz u těchto variant nebyl statisticky průkazný rozdíl. Je tedy zřejmé, že u varianty MP1 narostly větší hlízy. Vyššího výnosu bylo dosaženo při ca třikrát menším závlahovém množství. Největší produkční účinnost závlahové vody byla v obou letech zjištěna u variant s předzávlahovou vlhkostí půdy, odpovídající sacímu tlaku půdní vody 35 cb, tedy při úsporném závlahovém režimu (obr. 1). U varianty KZ1 bylo v roce 1998 závlahové množství pouze 45,5 mm a u varianty MP1 v roce 1999 60 mm. Produkční účinnost závlahové vody byla v roce 1998 u varianty KZ1 ca 2,6krát větší než u varianty KZ2 a v roce 1999 u varianty MP1 dokonce ca 4,7krát větší než u varianty MP2. U variant s nejvyšší produkční účinností závlahové vody byla její nejnižší potřeba na 1 kg přírůstku výnosu hlíz (tab. IV).

Z uvedených poznatků je zřejmé, že ze zvolených variant byly jednoznačně nejlepší varianty se závlahou při hodnotě sacího tlaku půdní vody 35 cb v hloubce 0,3 m.



1. Produkční účinnost závlahové vody – Production efficiency of irrigation water

Zkratky viz tab. II – For abbreviations see Tab. II
osa x: varianta – x axis: treatment

IV. Výnos hlíz a potřeba závlahové vody na 1 kg jeho přírůstku – The yield of tubers and the requirement of irrigation water per 1 kg of yield increase

Varianta ¹	Výnos hlíz ² (kg.ha ⁻¹) ³		Potřeba závlahové vody na 1 kg přírůstku výnosu ³ (m ³)	
	1998	1999	1998	1999
K	32 570	23 210	–	–
KZ1	49 078	26 648	0,028	0,305
KZ2	54 744	33 034	0,071	0,173
MP1	44 267	36 421	0,039	0,045
MP2	46 884	31 789	0,053	0,211

¹ vypočteno z průměrného výnosu hlíz na keř – calculated from the average yield of tubers per plant

²treatment, ³yield of tubers, ³requirement of irrigation water per 1 kg of yield increase

Ke stejnému poznatku dospěl Slavík (1999) při pokusech vedených v letech 1996 a 1997 na ploše vegetační haly, kde byl vláhový režim půdy v porostu raných brambor regulován pouze zavlažováním. Při úsporném závlahovém režimu byl pravděpodobně lepší vzdušný režim půdy, lepší hospodaření se zásobou půdní vláhy a lepší využitelnost přirozených srážek spadlých v mezizávlahovém období. Rozdíly ve výnosech hlíz v jednotlivých letech a v reakci na použité druhy závlah mohly být způsobeny rozdílnými odrůdami brambor.

Závlahová množství uváděná v literatuře u raných brambor v ČR jsou vysoká proti závlahovým množstvím, při kterých jsme dosáhli největší produkční účinnosti závlahové vody. Příčinou toho jsou vysoké závlahové dávky, počítané pro velkou hloubku navlažení. Sláma (1978) udává účinnou hloubku navlažení u raných brambor 0,4 m do květu a potom dokonce 0,6 m. Rybáček et al. (1988) průměrně počítají se dvěma až třemi závlahovými dávkami po 60 až 90 mm.

Výsledky pokusů potvrdily, že při závlaze raných brambor je výhodné kvalifikovaně řídit závlahový režim a používat k závlaze progresivní, z hlediska spotřeby vody úsporné způsoby závlah. Při závlaze raných brambor je přínosné řídit závlahový režim tak, aby v účinné hloubce provlažení 0,3 m odpovídala zásoba půdní vláhy 40 % polní vodní kapacity. Zavedením úsporného závlahového režimu lze výrazně zvýšit rentabilitu závlah raných brambor.

Při zpracování příspěvku byly použity výsledky řešení projektu MZe ČR – NAZV č. EP 0960006151 *Závlahy v procesu stabilizace intenzivního zemědělství.*

LITERATURA

Adams S. S., Stevenson W. R. (1990): Water management, disease development and potato production. Amer. Potato J., 67: 3–11.

- MacKerron D. K. L., Jefferies R. A. (1986): The influence of early soil moisture stress on tuber number in potato. *Potato Res.*, 29: 299–312.
- Rybáček et al. (1988): *Brambory*. Praha, SZN.
- Sláma V. (1978): Grafická metoda stanovení závlahových režimů plodin. Část IV. Metodika ÚVTIZ (8).
- Slavík L. (1999): Hospodárné zavlažování raných brambor. *Úroda*, 5: 24–25.
- Stark J. C., Wright J. L. (1985): Relationship between foliage temperature and water stress in potatoes. *Amer. Potato J.*, 62: 57–68.
- ČSN 75 0434 (1994): *Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. Praha, ČNI.
- Brambory* (1999): *Situační a výhledová zpráva*. MZe ČR.

Došlo 20. 3. 2000

Kontaktní adresa:

Ing. Josef Zavadil, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5-Zbraslav, Česká republika, tel.: + 420 2 57 92 16 40, fax: + 420 2 57 92 21 39, e-mail: zavadil@vumop.tel.cz

KMÍNOVÁ SILICE JAKO POTENCIÁLNÍ INHIBITOR KLÍČENÍ BRAMBOR

CARAWAY ESSENTIAL OIL AS POTENTIAL INHIBITOR OF POTATO SPROUTING

H. Čížková, J. Vacek, M. Voldřich, R. Ševčík, J. Krátká

*Institute of Chemical Technology, Department of Food Preservation and Meat Technology,
Prague, Czech Republic*

ABSTRACT: Potato tubers may suffer from premature sprouting during storage. Commonly used low temperature storage systems or chemical sprout inhibitors could be replaced by naturally occurring compounds. The study carried out in the season 1996/1997, 1997/1998 and 1998/1999 was focused not only on confirmation of sprout suppressing effect of monoterpen S-carvone, which is the major constituent of caraway essential oil, but on development of S-carvone based formulae suitable for practical use as well. The influence of caraway essential oil on potato tubers cv. Karin was tested in small-scale experiments. The results were compared with experiments pursuit under the same conditions: untreated control, treatment with commonly used chemical inhibitor CIPC and treatment with commercial natural sprout inhibitor Talent. The vapour of caraway essential oil in dosage of 0.1 ml/kg tubers applied regularly in four and six weeks period successfully inhibited bud growth at 10 °C. Weight losses caused by sprouting were 0.4 and 0.3%, whereas in the control sample 7.5% in season 1996/1997. Due to the fact, that a low, but stable S-carvone head-space concentration must be present around the tubers and therefore active compound has to be applied regularly, several different S-carvone based formulations had been also studied to elongate this period. The simplest methods such as direct spraying of essential oil or evaporation from disintegrated caraway seeds are without any practical use. Spraying of potato tubers with essential oil or with Talent in the season 1997/1998 developed tuber surface necroses and rotting, although the losses caused by sprouting were minimal. Essential oil on sorbent bentonite dusted as a powder once per storage period was the most potent application in gradual active compound release from matrix to the storage atmosphere (0 and 2.7% losses by sprouting in 1997/1998 and 1998/1999, respectively). The direct dependence of sprouting on residual carvone and its biodegradation products concentration in tubers was observed. S-carvone was converted into dihydrocarveol and dihydrocarvone especially in simply accessible tissues of sprouts, peels and half tubers. Sensory analyses confirmed that S-carvone treatment of stored tubers does not influence taste, odour and colour of cooked potatoes.

Keywords: potatoes; sprouting inhibition; carvone; caraway essential oil; storage losses; way of application; biodegradation products

ABSTRAKT: Během dlouhodobého skladování brambor je nezbytné zabránit jejich předčasnému klíčení. K tomuto účelu se využívá skladování při nízkých teplotách nebo ošetření hlíz syntetickými preparáty, v posledních letech však narůstá snaha o využití alternativních inhibičních prostředků přírodního původu. Inhibiční účinky kmínové silice obsahující aktivní látku monoterpen D-karvon byly prověřeny v laboratorním měřítku. Vzhledem k tomu, že aktivita D-karvonu závisí přímo úměrně na jeho koncentraci v plynné fázi, byla pro omezení četnosti nutného ošetření hlíz testována vedle přímého účinku odpařené kmínové silice i řada dalších aplikací. U jednotlivých variant přípravků na bázi D-karvonu (kmínová silice na adsorpčním materiálu bentonit aplikovaná poprachem, kmínová silice aplikovaná postřikem a komerční preparát na základě D-karvonu Talent) byla sledována schopnost postupného uvolňování aktivní látky z matrice. Skladovací ztráty ošetřených hlíz byly porovnány s kontrolní neošetřenou variantou a variantou konvenčně používaného 1% CIPC. Následně byla sledována závislost stupně klíčení na obsahu reziduálního karvonu v jednotlivých částech hlízy. Biokonverze D-karvonu na dihydrokarveol a dihydrokarvon probíhala především ve snadno přístupných pletivech. Při sensorické analýze hlíz ošetřených kmínovou silicí nebyl prokázán vliv na vůni, chuť a barvu testovaných hlíz.

Klíčová slova: brambory; inhibice klíčení; karvon; kmínová silice; skladovací ztráty; způsob aplikace; degradační produkty

ÚVOD

Brambory jako sezonní produkt jsou běžně skladovány do výsadby v následujícím roce. Pokud během skladování vyklíčí, dochází u hlíz k nežádoucím změnám, zejména k hmotnostním ztrátám a zhoršení jakosti. Nejúčinnějším a nejlevnějším prostředkem k prodloužení vegetačního klidu (dormance), a tedy k oddálení klíčení, je teplota. Většina odrůd brambor klíčí při 5 °C, a tak snížením teploty na 2 až 4 °C a jejím udržováním lze klíčení inhibovat. Při dlouhodobém skladování déle než do výsadby nebo při skladování suroviny pro zpracování na smažené potravinářské výrobky z brambor se hlízy skladují v 7 až 10 °C ve spojení s umělými nebo přírodními inhibitory klíčení (Vacek, 1998).

V ČR jsou povoleny dva druhy chemických inhibitorů. Neo-Stop, jehož účinnou složkou je CIPC, se aplikuje na uskladněné hlízy ve formě horkého zmlžování. FAZOR, jehož aktivní složkou je hydrazid kyseliny maleinové, se aplikuje ještě za vegetace v době čtyř až pěti týdnů před předpokládanou sklizní postřikem na nať.

Ve světě jsou nejvíce používány chemické inhibitory na základě isopropyl N-(3-chlorophenyl)karbamátu (pod komerčním názvem chlorpropham nebo CIPC) a isopropyl N-phenylkarbamátu (pod komerčním názvem propham nebo IPC), případně jejich směs. Používání uvedených látek je velmi rozšířeno, v posledních 30 letech

se takto v zemích EU ošetřovalo až 80 % skladovaných brambor určených ke konzumu. Přestože tyto látky jsou pod hygienickou kontrolou, dochází v poslední době ke zvyšování zájmu o alternativní ochranné prostředky přírodního původu.

Spolehlivé omezení klíčení uskladněných brambor bez nežádoucích důsledků je stále velmi aktuální. Řada pracovišť proto intenzivně zkoumá využití alternativních podmínek zamezujících klíčení, jako např. skladování hlíz v řízené atmosféře, šlechtění odrůd neakumulujících cukry při nízkých teplotách nebo s prodlouženou přirozenou dormancí; jednou z perspektivních možností je náhrada syntetických inhibitorů přírodními látkami, především monoterpeny pocházejícími z rostlinných silic.

Vzhledem k tomu, že dosud není znám žádný strukturální nebo chemický (těkavost, lipofilita) faktor ani jiný obecný mechanismus, popisující zapojení monoterpenů do fyziologických procesů ústících v inhibici klíčení brambor, byly prozkoumány inhibiční vlastnosti širokého spektra monoterpenů (Meigh, 1969; Beveridge et al., 1981; Vaugh, Spencer, 1991; Vokou et al., 1993). Jako inhibitory klíčení brambor se osvědčily především tyto terpenické látky: D-karvon, 1,4- a 1,8-cineol, borneol, L-menthol, fenchon, limonenoxid, linalool, terpinen-4-ol a menthon. Jde o těkavé monoterpeny, které tvoří majoritní složky snadno získatelných rostlinných silic a vykazují efektivní inhibiční působení na růst klíčků (tab. I).

I. Zdroje přírodních inhibitorů klíčení a jejich účinnost – Natural sources of potato sprout growth inhibitors and their efficiency

Rostlina ¹	Latinský název ²	Aktivní látka ³	Účinnost ⁴
Eukalypt ⁵	<i>Eucalyptus globulus</i>	1,8-cineol ¹⁵ (až 90 %) L-karvon ¹⁶ borneol ¹⁷	+
Kmín ⁶	<i>Carum carvi</i>	D-karvon (40–75 %)	+++
Kopr ⁷	<i>Anethum graveolens</i>	D-karvon (40–60 %) karveol ¹⁸	+++
Levandule ⁸	<i>Levandula officinalis</i> <i>Levandula fragrans</i> <i>Levandula intermedia</i>	linalool ¹⁹ (50–60 %)	+
Majoránka ⁹	<i>Origanum majorana</i>	cineol	+
Máta kadeřavá ¹⁰	<i>Mentha spicata</i>	L-karvon (70 %) dihydrokarveol ²⁰ dihydrokarvon ²¹	+
Máta pepřná ¹¹	<i>Mentha piperita</i>	L-menthol ²² menthon ²³	++
Máta polej ¹²	<i>Mentha pulegium</i>	pulegon ²⁴ (85–96 %) menthol	+
Růže ¹³	<i>Rosa bamescena</i> <i>Rosa alba</i> <i>Rosa cantifolia</i> <i>Rosa gallica</i>	borneol 1,8-cineol	+
Šalvěj ¹⁴	<i>Salvia officinalis</i>	1,8-cineol camphor ²⁵	+

+++ maximální účinnost – maximum efficiency

+ minimální účinnost – minimum efficiency

¹plant, ²Latin name, ³active ingredient, ⁴efficiency, ⁵eucalyptus, ⁶caraway, ⁷dill, ⁸lavender, ⁹marjoram, ¹⁰curled mint, ¹¹peppermint, ¹²pennygrass, ¹³rose, ¹⁴garden sage, ¹⁵cineol, ¹⁶carvone, ¹⁷borneol, ¹⁸carveol, ¹⁹linalool, ²⁰dihydrocarveol, ²¹dihydrocarvone, ²²menthol, ²³menthon, ²⁴pulegon, ²⁵camphor

Jako nejlepší potenciální inhibitor klíčení byl vyhodnocen D-karvon. Vedle inhibičních vlastností umožňuje i relativně snadnou aplikovatelnost ve formě par, protože jeho těkavost je např. na rozdíl od fenchonu, limonenoxidu, linaloolu a terpinen-4-olu dostatečně vysoká i při skladovací teplotě 10 °C, zároveň je možné ho získávat ve velkých množstvích z kmínu nebo kopru za poměrně nízkou cenu, vykazuje antimikrobiální účinek a patří mezi sloučeniny se statusem GRAS (všeobecně považovaná za bezpečnou).

Komerčně byl zatím využit pouze preparát Talent, připravený na základě kmínové silice, uvedený v Holandsku na trh v roce 1994 firmou Luxan, (Anonym, 1994; Hartmans et al., 1995). Aktivní látkou je čistý D-karvon aplikovaný zmlžováním. U hlíz vystavených jeho dostatečné koncentraci v plynné fázi (doporučené dávkování přípravku 75 až 100 ml/t, opakovaně ve čtyř- až šesti-týdenních intervalech) bylo prokázáno úplné potlačení klíčení s výsledky srovnatelnými s běžnými syntetickými inhibitory. Vzhledem k nutnosti opakované aplikace oproti klasickému ošetření syntetickými inhibitory, a tím vyšší ceně retardace, však není využití tohoto přípravku příliš rozšířeno a v samotném Holandsku je podporováno státními dotacemi.

V ČR se zatím nejschůdněji získává D-karvon také z kmínové silice. Semena kmínu obsahují 2 až 5 % silice, která obsahuje především dva monoterpeny S-(+)-karvon (D-karvon, 50 až 60 %) a S-(+)-limonen (D-limonen, 35 až 45 %). Inhibiční účinek byl zjištěn pouze v případě D-karvonu.

MATERIÁL A METODY

Retardační pokusy probíhaly s nejrozšířenější českou konzumní odrůdou brambor Karin. Během jednotlivých

sezon 1996/1997, 1997/1998 a 1998/1999 byla založena série laboratorních sledování.

Retardační přípravky byly připraveny vždy těsně před použitím. Aktivní složkou všech aplikovaných přípravků byl monoterpen D-karvon. Formulace, způsob aplikace, četnost a celkové množství potenciálních inhibitorů klíčení brambor, aplikované za dané skladovací období, je uvedeno v tab. II.

Základní podmínky pokusu: 5 kg hlíz bylo uloženo v plastových nádobách o objemu 20 l, uzavřených těsnicím víkem, na jejich dně byl v případě varianty přímého odparu kmínové silice kovový rošt a pod ním Petriho miska s aktivní látkou, která byla dodávána v pravidelných intervalech. U ostatních variant bylo provedeno jednorázové ošetření při naskladnění hlíz. Nádoby byly uloženy ve tmě při teplotě 10 °C po dobu 16 (1996/1997), 28 (1997/1998) a 24 (1998/1999) týdnů. Výsledky předchozího pokusu vždy ovlivňovaly jak způsob založení následujícího pokusu, tak druh a množství aplikovaných látek.

Během skladovacích pokusů byly pravidelně prováděny analýzy atmosféry nad ošetřenými hlízami. Vzorky atmosféry byly analyzovány po zkoncentrování metodou mikroextrakce na tuhé fázi (SPME) na plynovém chromatografu HRGC 5300 Mega Series (Carlo Erba Instruments) s plamenovým ionizačním detektorem (FID). Podmínky SPME: D-karvon se izoloval adsorpcí na křemenné vlákno s polární fází carbowax/divinylbenzen (Supelco Inc.) vložené do vnitřního prostoru skladovací nádoby po dobu 15 min při skladovací teplotě. Desorpce probíhala v nástřikové komůrce plynového chromatografu při teplotě 230 °C po dobu 10 min. Podmínky GC: nosný plyn helium, tlak 50 kPa, kolona DB-Wax 30 m × 0,32 mm × 0,5 μm, nástřik split 1 : 50, teplota: nástřiku 230 °C, detektoru 250 °C, kolony 70 až 180 °C, nárůst 6 °C/min.

II. Varianty ošetření a dávkování přípravků inhibujících klíčení – Variants of treatment and applied dose of sprouting inhibitors

Varianta ¹	Dávka (ml, resp. g/kg hlíz/aplikace) ²	Způsob aplikace ³	Celková dávka aplikovaná za sezonu (ml, resp. g/kg) ⁴		
			1996/1997	1997/1998	1998/1999
Neošetřená kontrola ⁵	0	–	0	0	0
1% CIPC	1 g/kg	jednorázový poprach ⁶	1	1	1
Kmínová silice ^{6a} 1 (KS 1)	0,033 ml/kg	přímý výpar ⁷ (1 × 2 týdny ¹¹)	0,26	0,92	0
Kmínová silice 2 (KS 2)	0,2 ml/kg	přímý výpar (1 × 6 týdnů)	0,6	0	0,4**
Kmínová silice + bentonit ⁷	0,4 ml + 2 g /kg	jednorázový poprach	0	0,4	0,4
Kmínová silice	0,4 ml/kg	jednorázový postřik ¹⁰	0	0,4	0
Talent	0,4 ml/kg	jednorázový postřik	0	0,4	0

¹ složení kmínové silice: 51% D-karvon (aktivní látka), 40% D-limonen, 9% minoritní látky – composition of caraway essential oil: 51% D-carvone (active ingredient), 40% D-limonene, 9% minor ingredients

² v sezoně 1998/1999 byla koncentrace kmínové silice aplikované výparem 0,1 ml/kg – in the season 1998/1999, the concentration of caraway essential oil applied by evaporation was 0.1 ml/kg

³ variant, ⁴ dose (ml or g/kg of tubers/treatment), ⁵ way of treatment, ⁶ final dose used per season (ml or g/kg), ⁷ untreated control, ⁸ caraway essential oil, ⁹ bentonite, ¹⁰ single dusting, ¹¹ direct evaporation, ¹² single spraying, ¹³ weeks

Účinnost jednotlivých aplikací byla určena jako skladovací ztráty výparem a dýcháním, klíčením a hnilobami. Zároveň byla porovnána s neošetřenou kontrolou a konvenčně používaným ošetřením poprachem 1% CIPC.

Laboratorní pokusy založené pro sledování reziduálního karvonu a stanovení degradačních produktů v hlízách probíhaly za těchto podmínek: 15 hlíz odrůdy Karin (celých nebo rozpůlených, neklíčících nebo s klíčky 1 až 1,5 cm podle druhu pokusu) bylo ošetřeno 100 μ l D-karvonu (dávky přepočteny na stejný obsah aktivní látky) a skladováno při 20 °C ve tmě (doba skladování a délka aplikace karvonu různá podle druhu pokusů).

Degradační produkty D-karvonu v hlízách byly identifikovány a kvantifikovány po Bligh-Dayer extrakci lipofilního podílu třísložkovým extrakčním činidlem plynovou chromatografií s kvadrupólovým hmotnostním detektorem (GC-HP5890/MSD5972) za těchto podmínek: kolona kapilární DB-wax (30 m \times 0,25 mm \times 0,25 μ m), průtok mobilní fáze (He) 0,6 ml/min, lineární rychlost 28,9 cm/s, nástřik s děličem toku (split 1 : 100), 1 μ l, teplota 300 °C, purge ON, teplotní program: 70 až 180 °C, nárůst 6 °C/min, detektor: ionizace molekul nárazem elektronů 70 eV, spektrum snímáno v režimu TIC, teplota 280 °C. Kvantitativní vyhodnocení bylo realizováno metodou vnitřního standardu. Identifikace látek proběhla porovnáním s knihovnou hmotnostních spekter a retenčních časů standardů hledaných látek.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Možnosti D-karvonu inhibovat klíčení brambor

Tendence hlíz klíčit po ukončení dormance (období vegetačního klidu) je silně ovlivněna skladovacími podmínkami, především teplotou. Skladovací pokusy byly proto prováděny při teplotě 10 °C odpovídající provozním podmínkám a za tmy (světlo inhibuje klíčení). Laboratorní sledování reziduálního karvonu a jeho degradačních produktů probíhalo při teplotě 20 °C použité pro urychlení klíčení.

Experimentálně bylo potvrzeno, že inhibiční účinek aktivní látky je přímo úměrný její koncentraci v atmosféře nad uskladněnými bramborami, a je tedy nutné udržovat po celou dobu skladování alespoň minimální koncentraci karvonu v atmosféře (cca 10 μ g/l). Vysoká těkavost karvonu se tak stává nevýhodou. Koncentrace karvonu v atmosféře nad hlízami se vlivem sorpce na povrch hlíz a skladovacího zařízení, postupně utílžace hlízami a především větráním skladů v praxi postupně snižuje a k udržení inhibice je třeba aplikací aktivní látky periodicky opakovat. Tím se však ošetření mnohonásobně prodrazí oproti klasickým způsobům inhibice klíčení a požadovaná těsnost skladu zároveň přináší zvýšené nároky na vybavení. Pro omezení četnosti nutného ošetření skladovaných hlíz byla vedle standardního od-

paru kmínové silice testována řada přípravků na schopnost postupného uvolňování karvonu z matrice do plyné fáze skladovacího prostoru (Čížková et al., 1998).

Během jednotlivých skladovacích období byly testovány přípravky o různých koncentracích karvonu a potřebné četnosti ošetření hlíz pro porovnání jejich vlivu na hmotnostní ztráty skladovaných hlíz (tab. II). Pro srovnání byla vždy zařazena kontrolní varianta, při které byly neošetřené hlízy skladovány za stejných podmínek a varianta jednorázové aplikace 1% CIPC. Od aplikace kmínové silice jako emulze s různými látkami postřikem, drceného kmínu a kmínových osinek, která byla v laboratorních podmínkách účinná, se vzhledem k nekróze slupky, resp. vysokému podílu ve skladovaných hlízách upustilo.

V tab. III jsou znázorněny výsledky skladovacích ztrát jednotlivých variant ošetřených hlíz v jednotlivých skladovacích sezónách. V prvním roce byla ověřena účinnost přímého odparu kmínové silice aplikované v dvou- a šestitýdenních intervalech. Statistické rozdíly hmotnostních ztrát způsobených výparem, dýcháním a klíčením byly významné mezi kontrolou a ostatními variantami. Zatímco při vyskladnění po 16 týdnech byly v případě ošetření silicí ztráty klíčením 0,4 a 0,3 %, u kontrolní varianty bez inhibitoru dosáhly 7,5 %.

Na základě získaných výsledků byly v následujícím roce založené pokusy rozšířeny o variantu kmínové silice nanesené na adsorpčním materiálu bentonitu aplikovanou poprachem, variantu kmínové silice aplikovanou postřikem a variantu ošetření komerčním přípravkem Talent aplikovanou postřikem. U variant kmínové silice a přípravku Talent aplikovaných ve formě jednorázového postřiku došlo k nekróze slupky vyvolané způsobem aplikace. Následně zvýšené skladovací ztráty hnilobami negativně ovlivnily celkový výsledek testu přípravků, a proto bylo v dalších letech od aplikace postřikem upuštěno. Ztráty způsobené hnilobami v uvedených případech činily 10,0 a 8,9 % při aplikaci postřikem oproti 0 % při použití přímého odparu a poprachu a 2,5 % u kontroly. Hmotnostní ztráty klíčením byly při vyskladnění po 28 týdnech v případě kontroly 10,7 %, u ostatních variant se pohybovaly v rozmezí 0 až 0,1 %. Statistické rozdíly byly významné mezi kontrolou a všemi ostatními variantami.

V posledním roce byly pro variantu přímého odparu kmínové silice aplikované v šestitýdenních intervalech a poprazech hlíz silicí nanesenou na bentonitu potvrzeny výsledky získané v předcházejících pokusech. Ošetření hlíz přímým výparem kmínové silice umístěné na Petriho misce pod hlízami potvrdilo nutnost opakované aplikace aktivní látky. Ze zvolených koncentrací a period ošetření byla jako dostatečná (retardace klíčení za minimální možné koncentrace a četnosti opakování) určena varianta výparu 0,1 ml kmínové silice doplňované v šestitýdenních intervalech. Z dalších způsobů aplikace aktivní látky byly dostatečně inhibiční schopnosti karvonu zaznamenány v případě kmínové silice nanesené na adsorpčním materiálu bentonitu, z kterého se

Varianta ¹	Ztráty při vyskladnění po ²											
	16 týdnů ³ (1996/1997)				28 týdnů (1997/1998)				24 týdnů (1998/1999)			
	V + D	K	H	Σ	V + D	K	H	Σ	V + D	K	H	Σ
1 kontrola ⁴	1	7,5	7,2	15,7	1,3	10,7	2,5	14,5	1	13,4	5,6	20
2 CIPC	0,7	0	4,7	5,7	0,6	0	0,03	0,9	0,5	0	0,3	0,8
3 výpar ⁵ KS 1	0,7	0,4	4,3	5,4	1,6	0,05	0	1,7				
4 výpar KS 2	0,8	0,3	8,1	7,2					1,7	0,4	1,1	3,2
5 KS + bentonit ⁶					0,65	0	0	0,7	0,9	2,7	1,1	4,7
6 postřik ⁷ KS					2,4	0,1	10	12,6				
7 Talent					1,3	0	8,9	10,2				
α pro průkazný rozdíl mezi variantami ⁸	0,0059	0,0000	0,6007	0,0021	0,1384	0,0000	0,1702	0,0929	0,0346	0,0000	0,1789	0,0010
Průkazný rozdíl mezi variantami pro α = 0,05	1 × 2, 3	1 × 2, 3, 4		1 × 2, 3, 4		1 × 2, 3, 5, 6, 7			2 × 4	1 × 2, 4, 5		1 × 2, 4, 5

V + D = výparem a dýcháním – by evaporation and respiration

K = klíčením – by sprouting

H = hnilobami – by rotting

¹variant, ²losses during storage after, ³weeks, ⁴control, ⁵evaporation, ⁶bentonite, ⁷spraying, ⁸significant difference between variants

po poprachu hlíz karvon postupně uvolňoval do okolí po celé období skladování (sezony 1997/1998 a 1998/1999).

Během pokusů se projevil reverzibilní inhibiční účinek karvonu. Po vyskladnění brambor, což mimo jiné znamenalo i odstranění karvonu ze skladovací atmosféry, spontánně docházelo k novému klíčení. Vysoká koncentrace karvonu v plynné fázi (10 až 15 mg/l) vedla k nekrotickým klíčkům, ale postranní očka si uchovala svoji životaschopnost a po poklesu koncentrace začala klíčit. Tento jev by mohl v budoucnu umožnit využití karvonu nejen jako inhibitoru klíčení, ale i jako regulátoru růstu klíčků. Pokud začnou skladované hlízy klíčit příliš brzy, jedna vysoká dávka karvonu zcela inhibuje klíčení na přechodnou dobu.

Odhadované náklady na retardaci 1 kg hlíz zmlžením kmínové silice za skladovací období jsou vzhledem k její těkavosti a nutnosti opakované aplikace (předpoklad jedenkrát za šest týdnů) 50 haléřů, kdežto u CIPC při jednorázové aplikaci 2 haléře. Toto navýšení nákladů na skladování hlíz je při současné ceně brambor těžko akceptovatelné. V případě optimalizace metody jednorázové aplikace kmínové silice by však bylo dosaženo ceny ošetření 10 haléřů na 1 kg brambor.

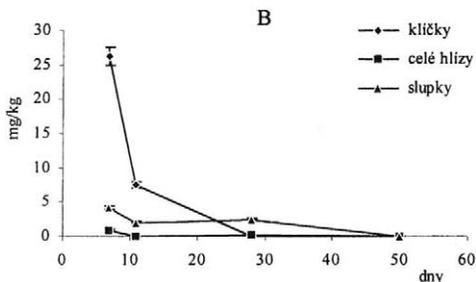
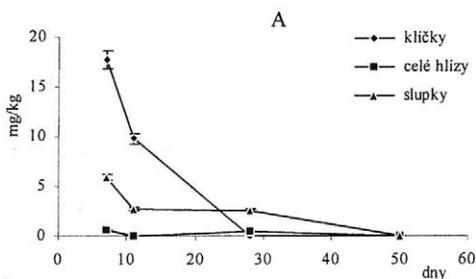
Zdravotní nezávadnost, vedlejší aspekty použití a mechanismus působení inhibičních přípravků na bázi D-karvonu

Využití karvonu jako přirozeného inhibitoru klíčení brambor by bylo z hlediska hygienického i toxikologického vítaným řešením. Karvon (a kmínová silice) je

v mnoha zemích dlouhodobě používán jako potravinářské aditivum. Povoleno v potravinářství organizací Food and Drug Administration je od roku 1961, GRAS-statut (Generally Recognized as Safe) získal roku 1965. Během dlouhodobého toxikologického výzkumu působení karvonu nebyly zaznamenány žádné karcinogenní nebo jiné patologické změny sledovaných organismů.

V přítomnosti D-karvonu docházelo k inhibici klíčení sledovaných hlíz během jednoho až dvou dnů. Mechanismus působení však není dosud známý, dokonce bylo prokázáno, že v tomto případě neplatí ani obecně uznávaná teorie toxického vlivu lipofilních sloučenin, jako jsou i monoterpeny, na buněčné membrány a rozvrácení jejich energetického systému. Vedle vlivu D-karvonu na prodlužování buněk, který byl pozorován jako zesílení a zastavení růstu klíčků u ošetřených hlízách, byla prověřována i teorie inhibice buněčného dělení. Dosud nebyl potvrzen obecný vliv D-karvonu na proteosyntézu, naopak syntéza některých enzymů po ošetření karvonem vzrůstá. Je však pravděpodobné, že pozorovaný pokles aktivity 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzymu A reduktázy (E.C.1.1.1.34), která je klíčovým enzymem procesu vedoucího k dělení buněk, způsobený snížením syntézy, popřípadě rychlým odbouráním, je spojený s hledaným mechanismem inhibičního účinku D-karvonu (Oosterhaven et al., 1995).

Reziduální koncentrace karvonu v ošetřených neporušených, neklíčících bramborových hlízách skladovaných při 10 °C po dobu 28 týdnů (viz kapitola Materiál a metody) byla naměřena přibližně 0,5 až 5 mg/kg v závislosti na způsobu ošetření, přičemž 95 % karvonu se nacházelo ve slupce brambor. Jakmile byly hlízy



1. Obsah reziduálního karvonu v jednotlivých částech hlízy v závislosti na době skladování; A) ošetřeno D-karvonem, B) ošetřeno kmínovou silicí; průměr ze tří měření, rel. směrodatná odchylka < 5 % – Concentration of residual S-carvone in different parts of potato tuber in dependence on storage time; A) treated with D-carvone, B) treated with caraway essential oil; average for three measurements, standard deviation < 5%

osa x: doba skladování (dny) – x axis: storage time (days)
osa y: koncentrace karvonu – y axis: carvone concentration

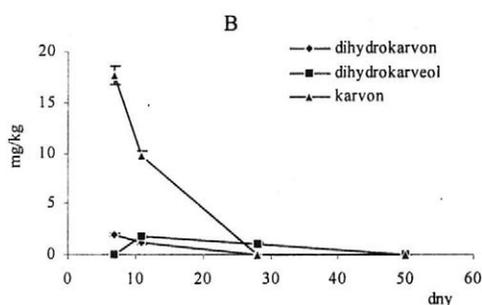
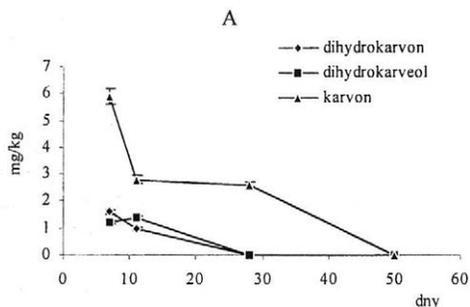
klíčky – sprouts
celé hlízy – whole tubers
slupky – peels

vykladněny, zdroj karvonu odstraněn a hlízy uloženy při teplotě 20 °C, většina jich vyklíčila během jednoho až dvou týdnů, přičemž byla pozorována přímá závislost růstu klíčků na koncentraci karvonu na povrchu hlíz (Čížková, 1998, nepubl.).

V dílčím experimentu byly předem naklíčené brambory (délka klíčků 1 až 1,5 cm) vystaveny přímému působení karvonu (aplikace odparem) po dobu sedmi dnů. Po odstranění aktivní látky byl sledován její osud v hlízách v souvislosti s novým klíčením. Kromě průměrné koncentrace karvonu v celých hlízách byl sledován i jeho obsah ve slupce, vnější korové vrstvě a v klíčcích. Nejvyšší obsah karvonu v hlízách, klíčcích i slupce a vnější korové vrstvě byl podle předpokladu zjištěn sedmý den skladovacího pokusu, po odstranění karvonu z atmosféry došlo k významnému poklesu jeho koncentrace v pletivech. Nové klíčení započalo ve všech případech cca 14. až 16. den po odstranění karvonu z okolní

atmosféry (tj. 21. až 23. den skladování). V té době již poklesla koncentrace karvonu v celých hlízách pod mez kvantifikace použité analytické metody (0,5 mg terpenů/kg matrice), koncentrace karvonu v původních klíčcích a na povrchu hlíz poklesla pod 3 mg/kg a během následujících 27 dní pod 0,5 mg/kg. Vedle přímého vlivu čistého D-karvonu byl za stejných podmínek posuzován i účinek kmínové silice (obsah 51 % D-karvonu) a byl potvrzen trend postupného poklesu koncentrace v pletivech (obr. 1).

Biokonverze karvonu probíhala především ve snadno přístupných pletivech klíčků, ve vnější korové vrstvě pod slupkou nebo v mechanicky porušených pletivech hlíz. Karvon byl metabolizován na více redukované sloučeniny, jejichž fytotoxicita vůči klíčkům a exponovaným pletivům je nižší, jak uvádí literatura (Oosterhaven et al., 1995). Hlavním degradačním produktem D-karvonu v hlízách byl metodou GC/FID a GC/MS po



2. Obsah reziduálního karvonu a jeho hlavních metabolitů po ošetření D-karvonem v jednotlivých částech hlízy; A) slupka a vnější korová vrstva, B) klíčky; průměr ze tří měření, rel. směrodatná odchylka < 5 % – Concentration of residual S-carvone and its main metabolites after treatment with D-carvone in different parts of potato tuber; A) peels, B) sprouts; average for three measurements, standard deviation < 5%

osa x: doba skladování (dny) – x axis: storage time (days)
osa y: koncentrace reziduí – y axis: residual concentration

dihydrokarvon – dihydrocarvone
dihydrokarveol – dihydrocarveol
karvon – carvone

extrakci určen dihydrokarveol a dihydrokarvon, další metabolity (isodihydrokarveol, karvyl acetát a hydroxylované karvony) se vyskytovaly ve stopách. K významné konverzi karvonu v klíčcích a slupce a ke vzniku degradačních látek docházelo ještě maximálně čtyři až šest dnů po odstranění karvonu z atmosféry, poté následoval pokles jejich koncentrace (obr. 2). Ve vzorcích celých hlíz se degradační látky nepodařilo identifikovat.

Kmínová silice a obdobně i samotný karvon vykazují výrazné organoleptické vlastnosti. Typické nasládlé, teplé a kořeněné chuti kmínové silice je využíváno v pekařství, cukrářství a v nápojářském průmyslu. Ačkoliv reziduální koncentrace karvonu v ošetřených hlízách byly velmi nízké, byly brambory senzorycky testovány na přítomnost jakékoliv nepřírodní chuti a vůně. Bylo potvrzeno, že aplikace karvonu za výše popsaných podmínek nemá vliv na chuť ani barvu vařených hlíz bramboru.

Poděkování

Autoři děkují NAZV Ministerstva zemědělství ČR za finanční podporu v rámci grantového projektu č. EP0960006564.

LITERATURA

- Anonym (1994): Talent – A break-through for the inhibition of sprouting in stored potatoes. Informační materiál fy. Luxan B.V.
- Beveridge J. L., Dalziel J., Duncan H. J. (1981): The assessment of some volatile organic compounds as sprout suppressant for ware and seed potatoes. *Potato Res.*, 24: 61–76.
- Čížková H., Voldřich M., Marek M., Vacek J. (1998): Přírodní inhibitory klíčení brambor. *Bramborářství*, (3): 12–14.
- Hartmans K. J., Diepenhorst P., Bekker W., Gorris L. G. M. (1995): The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. *Ind. Crops Prod.*, 4: 3–13.
- Meigh D. F. (1969): Suppression of sprouting in stored potatoes by volatile organic compounds. *J. Sci. Fd Agric.*, 20: 159–164.
- Oosterhaven K., Hartmans K. J., Scheffer J. J. C. (1995): Inhibition of potato sprout growth by the carvone enantiomers and their bioconversion in sprouts. *Potato Res.*, 38: 219–230.
- Vacek J. (1998): Retardace klíčení uskladněných brambor. *Bramborářství*, (4): 10–12.
- Vaugh S. F., Spencer G. F. (1991): Volatile monoterpenes inhibit potato tuber sprouting. *Amer. Potato J.*, 68: 821–831.
- Vokou D., Varelzidou S., Katinakis P. (1993): Effects of aromatic plants on potato storage: sprout suppression and antimicrobial activity. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 47: 223–235.

Došlo 25. 5. 2000

Kontaktní adresa:

Ing. Helena Čížková, Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav konzervace potravin a technologie masa, Technická 5, 166 28 Praha 6-Dejvice, Česká republika, tel.: + 420 2 24 35 30 13, fax: + 420 2 311 62 84, e-mail: helena.cizkova@vscht.cz

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

Slezská 7, 120 56 Prague 2, Czech Republic

tel.: + 420 2 24 25 79 39, fax: + 420 2 24 25 39 38, e-mail: redakce@uzpi.cz

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 abstracts in English or in English with abstracts in Czech or Slovak.

Journal	Number of issues per year	Yearly subscription in USD	
		Europe	overseas
Rostlinná výroba (Plant Production)	12	195,-	214,-
Czech Journal of Animal Science (Živočišná výroba)	12	195,-	214,-
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12	195,-	214,-
Journal of Forest Science	12	195,-	214,-
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12	159,-	167,-
Czech Journal of Food Sciences (Potravinařské vědy)	6	92,-	97,-
Plant Protection Science (Ochrana rostlin)	4	62,-	64,-
Czech Journal of Genetics and Plant Breeding (Genetika a šlechtění)	4	62,-	64,-
Zahradnictví (Horticultural Science)	4	62,-	64,-
Research in Agricultural Engineering	4	62,-	64,-

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

SUSCEPTIBILITY TO MECHANICAL DAMAGE OF POTATOES CULTIVATED IN DIFFERENT REGIONS OF THE CZECH REPUBLIC

CITLIVOST BRAMBOR PĚSTOVANÝCH V RŮZNÝCH OBLASTECH ČR K MECHANICKÉMU POŠKOZENÍ

K. Hamouz¹, J. Blahovec¹, B. Vokál², J. Čepel²

¹*Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic*

²*Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic*

ABSTRACT: Seven potato varieties were cultivated in 12 localities that can be classified into two characteristic regions: i) classical higher land region (cooler and more humid) and ii) lower land region (warmer and drier) in 1995 to 1997. Susceptibility to mechanical damage of the harvested tubers was studied extensively using the pendulum MIDAS 88 PP. The obtained parameter, the so called pendulum index (PI) represents percent part of the tubers not damaged in the test. The results obtained show that all the factors (i.e. season, region and variety) significantly influence the pendulum index. Pendulum index of the tubers produced in the lower land region was significantly higher (~74%) in comparison to the higher land region (~61%). The significantly higher pendulum index was observed for medium-early varieties Korela (~82%), Rosella (~76%), and Santé (~73%) in comparison with early varieties Karin (~56%), Agria (~58%) and very early variety Impala (~63%). The season played the main role in the obtained PI-values: 87% (1995), 53% (1996) and 64% (1997). The efforts to find correlation between the PI and chemical composition finished without any success.

Keywords: potatoes; mechanical damage; pendulum index; locality; variety; season

ABSTRAKT: Byly sledovány rozdíly v citlivosti hlíz k mechanickému poškození u brambor vypěstovaných v tradičních bramborářských oblastech (vyšší polohy) a v nižších polohách, které jsou teplejší, sušší a úrodnější. Přesné polní pokusy se sedmi odrůdami (obr. 2) proběhly v letech 1995 až 1997 na šesti stanovištích každé oblasti. Průměrná nadmořská výška stanovišť ve vyšších polohách je 531 m a v nižších polohách 244 m, průměrné srážky a teploty za vegetační období uvádí tab. I. Podrobnější charakteristiku oblastí publikovali Hamouz et al. (1999). Citlivost sklizených hlíz k mechanickému poškození byla testována na odrazovém kyvadle MIDAS 88 PP. Sledovaný parametr, tzv. pendulum index (PI), udává procentuální podíl nepoškozených hlíz při testu. Ke statistickému zhodnocení byl použit program SAS 6.12, metoda ANOVA, test podle Tukeye. Hodnoty minimální průkazné diference jsou uvedeny v textu pod obr. 1 až 3. Výsledky ukázaly, že všechny sledované faktory (tj. oblast, odrůda a ročník) průkazně ovlivnily hodnotu PI (obr. 1 až 3), i když jejich vliv byl velmi rozdílný (tab. II). U brambor z vyšších poloh byla ve všech pokusných letech prokázána vyšší citlivost k mechanickému poškození proti nižším polohám (obr. 1). Dáváme do souvislosti s úrovní vyzrálosti sklizených hlíz, pevností slupky a velikostí buněk v dužnině (Storey, Davies, 1992). Vyzrálost hlíz z vyšších poloh zřejmě ve všech letech negativně ovlivnila nižší teplotní průměry a vyšší úhrny srážek za vegetační období, ale hlavně za měsíce srpen a září, kdy brambory dozrávaly (tab. I). Vliv odrůdy na hodnotu PI se uplatnil ze sledovaných faktorů nejméně, ale byl statisticky významný (obr. 2). Polorané odrůdy Korela, Rosella a Santé dosáhly v průměru tří let průkazně vyšších hodnot PI než rané odrůdy Karin, Agria a velmi raná odrůda Impala. Polopozdní průmyslová odrůda Ornella vykazovala v relaci s ostatními odrůdami střední hodnoty PI. Největší vliv na citlivost hlíz k mechanickému poškození měl ročník (tab. II). Velmi rozdílný průběh počasí ve vegetačním období jednotlivých let (tab. I) zřejmě ovlivnil vyzrálost hlíz podobně jako v případě pěstebních oblastí. Nejméně příznivý vliv na hodnotu PI (obr. 3) mělo chladné a vlhké počasí, zejména v závěru vegetace roku 1996. V tomto roce se projevila největší variabilita PI (obr. 4). Příliš pozitivně však nepůsobilo ani extrémně teplé a suché počasí v závěru vegetace roku 1997. Nejlepších výsledků bylo dosaženo v roce 1995 s mírně nadprůměrnými teplotami i srážkami téměř po celé vegetační období. V práci jsme se rovněž pokusili nalézt objektivní příčiny rozdílných hodnot PI v chemickém složení testovaných hlíz (sušina, škrob, vláknina, N-látky, bílkoviny, dusičnany, P, K a redukující cukry). Dosažené korelační koeficienty však byly obecně nízké (v případě tříletého průměru výsledků), a to i při použití mnohomonobné regresní analýzy. Nejlepšího (průkazného) výsledku bylo dosaženo pro kombinaci obsahu draslíku a vlákniny (obr. 5).

Klíčová slova: brambory; mechanické poškození; kyvadlový index; stanoviště; odrůda; ročník

INTRODUCTION

Damage to potato tubers due to mechanical forces is among the most important causes of loss of production and quality reported throughout the world. The causes of such damage are mechanical injuries that occur primarily in association with harvesting and grading (Peters et al., 1996). Apart from the losses incurred due to rejected tubers additional losses to the producer result from the higher labour cost of sorting out damaged tubers and increased wastage in store due to increased moisture loss and to the higher incidence of secondary infections (Gray, Hughes, 1978).

Damage, which occurs, can be divided into two groups, firstly external damage including scuffing on the skin, cuts or gouges, crushing and splits or cracking and secondly internal damage, which is usually of two types, internal shattering or cracking and blackspot (Storey, Davies, 1992). Gray, Hughes (1978) showed that the forms of damage are affected by variety, maturity and growing and storage conditions. The amount of damage due to mechanical force depends on mechanical and rheological properties of tubers that are generally formed as susceptibility of damage. These properties interrelate with the modifying environmental influences (Storey, Davies, 1992), so that also the size and shape of tuber influence the amount of damage occurring. With regard to shape, tubers having a small radius of curvature, for example in long tubers, are more prone to damage (Storey, Davies, 1992). Cultivars with weak skins are often more susceptible to cracking. The skin strength is associated with maturity of tuber (Burton, 1989; Wirsing, Homeburg, 1994).

Many attempts to find some correlation between parameters of quasi-static tests (puncture tests, compression tests etc.) and susceptibility to mechanical damage in 1950s and 1960s finished without success. This is why the dynamic tests have been used to determine the potato susceptibility to mechanical damage. A range of tests used to evaluate aspects of damage include simple drop tests, shaking boxes or trays, rotating discs, rams, mechanical hammer type devices and pendulums (Hughes et al., 1985). Pendulum test, with appropriate instrumentation provide information on impact parameters, such as energy absorbed, tuber tissue deformation and impact duration which enable more precise relationships to be established between the tuber characteristics and type and extent of damage (Storey, Davies, 1992). The relationship between physical factors measured electronically by using a pendulum and fracture damage was investigated in potato genotypes showing a wide range of damage susceptibility. The highest correlation values with damage extent were generally found for energy absorbed and permanent deformation which, for example respectively explained 91 and 93% of the variation in external damage (Grant, Hughes, 1985).

The variety-dependent susceptibility of potatoes to serious mechanical injury was confirmed in three-year

experiments (Misener, Tai, 1993) which are also established by other authors. The precise reasons why certain varieties are more predisposed to external damage are unclear. The cultivar responses can be modified by growing conditions and mineral nutrition; both affect specific gravity and perhaps cell wall structure and cell size (Hunnius et al., 1972). Field damage has been shown to be affected by site, season, fertilisers and cultural practices. It has often been shown that also soil conditions affect damage. More damage is found generally in tubers harvested from sandy soils than in tubers harvested from clay soils. Rainfall and irrigation have been found to increase damage (Gray, Hughes, 1978). Effect of rainfall and temperature distribution during the growing season on the degree of mechanical damage to potato tubers was studied in Poland. The index of mechanical damage was positively correlated with rainfall in May to September, particularly that during August to September and negatively correlated with the heat sum in May to September, particularly that during ripening (Marks et al., 1993). The effect of nitrogen, phosphorus and potash fertilisers on damage susceptibility has been studied by different workers (e.g. Hunnius et al., 1972), who found that high rates of P and K fertilisers reduced damage. On the contrary changes of the N rates (from 40 to 120 kg N per ha) did not change the extent of mechanical damage (Diviš, Štěrba, 1997). Some authors (Storey, Davies, 1992) showed that susceptibility of external damage is also affected by chemical composition of tubers, especially dry matter content. Blahovec et al. (1990) found that resistance of tubers to mechanical damage decreased not only with increasing dry matter content in the tubers but also with increasing fibre content of tuber sides.

The aim of this paper is to demonstrate the differences in susceptibility to mechanical damage between the potatoes cultivated in different production regions of the Czech Republic: traditional potato growing regions and lower situated regions where in 1990s was observed a significant increase of production of potatoes for human consumption. These regions have different soil and climatic conditions.

MATERIAL AND METHODS

Potato samples. The varieties Impala, Karin, Agria, Korela, Rosella, Santé and Ornella were cultivated in field trials according to unique farming techniques on 12 localities in the Czech Republic in 1995 to 1997. Six of 12 localities were situated in lower, warmer and drier regions (average altitude 244 m, average temperatures and precipitation are given in Tab. 1) with fertile predominantly loam soils (Orthic Luvisol and black Luvic Chernozem prevail) and in this contribution they are indicated with common term lower regions. Other localities were situated in higher (average altitude 531 m), cooler and more humid regions with less fertile predominantly sandy loam soils (Cambisol prevails) and they represent

I. Main weather characteristics of the regions in 1995 to 1997

Year	Region	Average temperature (°C)			Sum of precipitation (mm)		
		August	September	April–September	August	September	April–September
1995	LR	18.92	13.57	15.63	90.6	82.4	439.9
	HR	16.15	11.80	13.42	100.2	113.0	527.7
	\bar{x}	17.53	12.68	14.53	95.4	97.7	483.8
1996	LR	18.23	11.10	14.57	73.3	53.1	463.5
	HR	16.12	9.02	12.40	97.1	69.0	490.9
	\bar{x}	17.18	10.06	13.48	85.2	61.1	477.2
1997	LR	19.90	13.98	15.02	46.9	29.3	391.8
	HR	18.02	12.70	13.12	33.6	25.6	487.9
	\bar{x}	18.96	13.34	14.07	40.2	27.3	439.8
Long-term average	LR	18.03	14.28	15.15	71.5	45.4	360.1
	HR	15.83	11.23	12.73	83.2	52.2	424.7
	\bar{x}	16.93	12.76	13.94	77.3	48.8	392.4

LR – lower regions (average of six localities)

HR – higher regions (average of six localities)

\bar{x} – average of 12 localities

traditional potato growing regions in the Czech Republic. In our contribution we have indicated them as higher regions. Further details and characteristics of trial localities have been described in the previous paper (Hamouz et al., 1999). The mean main weather parameters in the tested period are concentrated in Tab. I. The tubers of the mentioned varieties were manually harvested and healed three weeks at 15 °C and 95% humidity.

Pendulum test. Perfect 30 tubers 40 to 60 mm in diameter were used to the test. The pendulum MIDAS 88 PP (dr. Ing. H. Gall – Sensorik, Gross Lüsewitz, Germany) was used as a tester of susceptibility of the tubers to mechanical damage. Every tuber was tested in a special jig (Gall, Zachow, 1992) and than impacted two times repeatedly into the same side part of the tuber by the pendulum impactor ($m = 0.048$ kg, impact energy $E_0 = 150$ mJ, diameter of indenter = 7 mm). The rebound heights after impacts were determined and the individual test was classified as elastic when the second rebound height was higher or equal to the first one. The pendulum index for the whole sample was calculated as the sum of the elastic impacts divided by the total number of the tested tubers (30).

Chemical analysis. Dry matter content: A representative sample of washed tubers with skin was homogenised in a laboratory mixer. Homogenous pulp (20 g) was pre-dried overnight in drying-oven at a temperature of 60 °C and further dried for 3 hours at 105 °C. The resulting weight loss was determined. Starch in potatoes was determined using the Ewerts' polarimetry. Crude protein ($A \times 6.25$) determination was based on Kjeldahl's method. Henneberg-Stolmann's (Fibretec of Tecator) method and Luff-Schoorl's method was used to determine the fibre content and reducing sugars content, re-

spectively. Nitrates, phosphorus, and potassium contents were determined by ion selective electrode, photocolometric method, and AES after mineralisation (Flame Photometer Flapho 4, Carl Zeiss Jena), respectively.

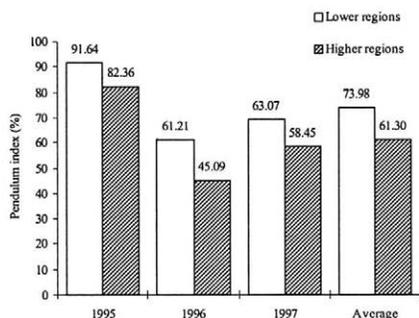
Statistics. SAS 6.12 package was used for statistical evaluation of the obtained results.

RESULTS AND DISCUSSION

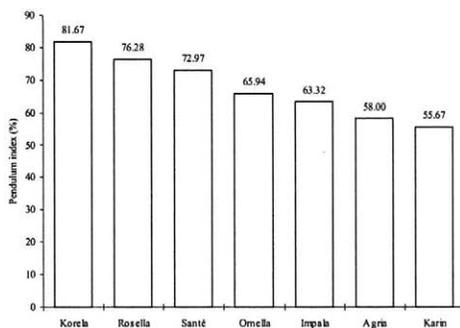
The obtained results are presented in Figs. 1 to 4. The results show that the pendulum index, as a measure of less susceptibility to mechanical damage, is strongly influenced by region, variety and year, but the role of these sources of variance is different in different cases (Tab. II). The objective sources of the observed differences in PI we tried to find in chemical composition of the tested tubers (dry matter, starch, fibre, N-substances, protein, nitrates, phosphorus, potassium, and reduce sugars). The obtained correlation coefficients were generally very low even if we used stepwise multiple regression analysis. The best result was obtained for combination of potassium and fibre contents (Fig. 5) with very low multiple coefficient of correlation 0.38 but with t -value higher than critical value at 0.05 level. The low correlation level led us to try to explain at least some part of the results' variance by the weather analysis.

II. F -values for all the measured pendulum indexes

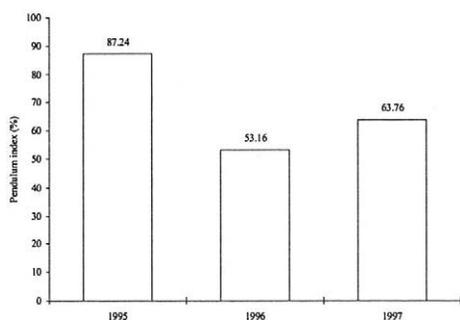
Regions 49.85	Varieties 18.28	Years 134.07
---------------	-----------------	--------------



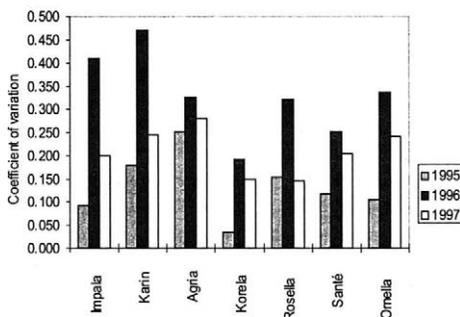
1. Pendulum index of potatoes cultivated in different conditions; the results represent seven varieties and six localities in every year and every region type; least significant differences (*LSD*) as determined by Tukey test (SAS, 1996) were 5.08 (1995), 6.77 (1996), 5.58 (1997) and 3.35 (average)



2. Pendulum index determined for potatoes of different varieties; the results represent three years and 12 localities; *LSD* (Tukey test) was 9.47



3. Pendulum index determined for potatoes cultivated in different years; the results represent seven varieties and 12 localities in every year; *LSD* (Tukey test) was 4.92



4. Coefficient of variation of pendulum indexes of variety sets in single seasons

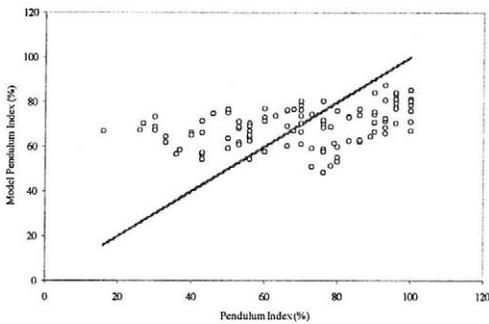
Role of region

The obtained results show clearly differences between both the studied types of regions. For potatoes cultivated in lower land regions were measured significantly higher values of PI than in higher land regions. This conclusion can be made not only for total sum of experiments but also for the individual seasons separately (Fig. 1). We suppose that this clear result has to be connected with the level of maturity of the harvested tubers, thickness of tuber skin and may be the tissue cell dimension (Hunnius et al., 1972; Burton, 1989; Wirsing, Horneburg, 1994). Long-time experience shows (Gray, Hughes, 1978) that in higher land regions the level of maturity is lower than in lower land regions, because lower temperatures in this region enlarge vegetation period. In our case the similar conditions were also observed (Tab. I) in all the season the lower temperatures were measured in comparison to the lower land regions.

On the other hand, precipitation sums were higher in the higher land regions than in lower ones, the same conclusion can be made for precipitation sums in August to September period, in which potatoes matured.

Role of variety

Significant role (Fig. 2) of variety for PI-value seems to be lowest from those analysed in Tab. II. The role of variety in susceptibility to mechanical damage was studied by many authors (Storey, Davies, 1992; Misener, Tai, 1993; Wirsing, Horneburg, 1994) and our results confirm the previous studies. From seven varieties used to study the highest values of PI were observed for medium-early varieties Korela, Rosella and Santé; these values were significantly higher than the values found for early varieties Karin, Agria and very early variety Impala. For medium-late variety Omella the medium values of PI were



5. Model pendulum index (PI = 79.1 - 24.86 c_k + 8.95 c_f , c_k - potassium content in dry matter, c_f - crude fibre content in dry matter) obtained by stepwise multiple regression analysis plotted against the measured PI; full line denotes equality of both the parameters

observed. The PI differences observed for different groups of the varieties can be caused by the differences in dry matter content (Blahovec et al., 1990; Storey, Davies, 1992), which correlates at least partly with the length of vegetation period (Storey, Davies, 1992). This way of interpretation of our results finished without success. It seems that variety disposition to mechanical damage is modified by the ecological and cultivation conditions in so manner that it is very difficult to define it (Misener, Tai, 1993).

Role of season

Tab. II shows that season played the main role as a source variance in our results. Different years are displayed by significantly different values of PI in Fig. 3. The lowest season PI-value was observed in 1996 (83.4% of PI-value in 1997 and only 60.9% of PI-value in 1995). This relation can be caused by the lower maturity (Burton, 1989; Wirsing, Horneburg, 1994) of tubers in 1996, in which the lowest mean temperature in vegetation period was observed (0.5 °C under long-time mean value). Especially September 1996 was extremely cold with mean temperature 2.7 °C under the long-time mean value. The precipitation level in period of vegetation in 1996 reached 121.6% of the long-time mean value; in August it was 110.2% and in September even 125.2%. Similar weather is mentioned also by Marks et al. (1993) as weather increasing susceptibility to mechanical damage. Also the dry matter content of the tubers was lowest in 1996. In 1997 with very hot and dry weather in the end of vegetation period (Tab. I) were observed higher values of PI than in 1996 but the best influence on the sensitivity to mechanical damage was observed in 1995, the year with slightly over-mean temperatures and precipitation during the whole period of vegetation. Similar trend was

also observed for coefficient of variation (*CV*). Fig. 4 contains the *CV* for the single variety a season sets and it is clear, that high *CV* in Fig. 4 correspond to low values of PI plotted in Fig. 3. It means that in the season with worse weather conditions (1996) not only lower values of PI, but also the higher *CV* of this parameter were observed. Our results show in agreement with the other authors (Gray, Hughes 1978) that the susceptibility to mechanical damage can be reduced especially in seasons with medium and stable weather. Weather variations and extremes have to lead to increasing potato damage and increasing yield losses.

Acknowledgement

This contribution has raised on the basis of the results obtained in investigation of the project of the Ministry of Agriculture CR No. IE 0950975119 and authors thank to the Ministry of Agriculture CR for financial support that has enabled this work.

REFERENCES

- Blahovec J., Valentová M., Patočka K. (1990): Mechanické vlastnosti základních částí bramborové hlízy. *Zeměd. Techn.*, 36: 539–552.
- Burton W. G. (1989): *The Potato*. London, Longman.
- Diviš J., Štěrbá Z. (1997): Vztah hnojení a mechanického poškození hlíz bramboru u odrůdy Krasa. *Rostl. Vyr.*, 43: 199–204.
- Gall He., Zachow B. (1992): Pendelschlagwerk – MIDAS 88 PP Bewertung des Beschädigung sverhaltens von Kartoffelknollen. *Kartoffelbau*, 5: 242–244.
- Grant A., Hughes J. C. (1985): The relationship between physical properties of tubers measured during pendulum impact tests and tuber fracture damage. *Potato Res.*, 28: 203–221.
- Gray D., Hughes J. C. (1978): Tuber quality. In: Harris P. M. (ed.): *The potato crop, the scientific basis for improvement*. London, Chapman & Hall: 504–544.
- Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V. (1999): Influence of environmental conditions and way of cultivation on the polyphenol and ascorbic acid content in potato tubers. *Rostl. Vyr.*, 45: 299–303.
- Hughes J. C., Grant A., Prescott E. H. A., Pennington D. E., Worts W. H. (1985): A portable pendulum for testing dynamic tissue failure susceptibility of potatoes. *J. Agric. Engng Res.*, 32: 269–277.
- Hunnus W., Butcher G., Munzert M. (1972): Zum Einfluß des Stickstoffs auf die Vollernteverträglichkeit der Kartoffelknolle. *Potato Res.*, 15: 54–66.
- Marks N., Baran P., Sobol Z. (1993): Effect of rainfall and temperature distribution during the growing season on the degree of mechanical damage to potato tubers. In: *Proc. Conf. Scientific and technological progress in Polish agriculture*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 408: 319–338.

- Misener G. C., Tai G. C. C. (1993): Relative resistance of potato varieties to serious mechanical injury. *Can. Agric. Engng.* 35: 289–291.
- Peters R., Hide G. A., Storey R. M. J. (1996): Damage of potato tubers, a review. *Proc. 13th Trienn. Conf. Eur. Assoc. Potato Res.*, 39: 479–484.
- Storey R. M. J., Davies H. V. (1992): Tuber quality. In: Harris P. M. (ed.): *The potato crop*. London, Chapman & Hall: 507–552.
- Wirsing F., Horneburg B. (1994): Die Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelknollen in Abhängigkeit vom Genotyp. *Kartoffelbau*, 45: 198–201.
- SAS (1996): *Statistics software 6.12*. SAS Inst. Inc.

Received on May 5, 2000

Corresponding author:

Ing. Karel Hamouz, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: + 420 2 24 38 25 48, fax: + 420 2 24 38 25 35, e-mail: novak@af.czu.cz

THE VIABILITY OF WEED SEEDS IN FARMYARD MANURE

ŽIVOTASCHOPNOST SEMEN PLEVELŮ V CHLÉVSKÉM HNOJI

I. Remešová

Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Czech Republic

ABSTRACT: In 1997 and 1998, the effect of some processes in the digestive system of polygastric animals and the effect of maturing farmyard manure on the viability of weeds were investigated. Under laboratory conditions weed seeds were exposed to a solution which simulated the properties of rumen fluids and pepsin enzyme. The seeds were left in farmyard manure for 3 and 6 months. After 6 months, the proportion of viable seeds in the manure decreased to the minimum (0 to 10%). In the course of maturing, the intensity of losses of the viability of the seeds in farmyard manure increased (in the 1st to 3rd months fewer seeds lost their viability than in the 4th to 6th months). The proportion of viable seeds among seeds kept under laboratory conditions (*in vitro*) in rumen fluid and pepsin solution significantly decreased. The effect of pepsin solution was stronger. Seeds exposed to processes similar to the digestive system of polygastric animals before being placed in the manure were disrupted much faster than the intact and mature seeds (seeds that had dropped from plants growing on and around the manure heap).

Keywords: viability of weed seeds; rumen fluid; pepsin; farmyard manure

ABSTRAKT: V letech 1997 a 1998 byl sledován vliv některých procesů v trávicím traktu polygastrických zvířat a vliv zrání chlévského hnoje na životaschopnost semen plevelů. *In vitro* byla semena vystavena působení roztoků, které simulovaly procesy v bacheru a slezu (laboratorně připravená bacherová tekutina a roztok pepsinu). Takto preparovaná semena a semena, která nebyla těmto vlivům vystavena, byla uložena do zrajícího chlévského hnoje, a to na dobu 3 a 6 měsíců. Intenzita ztráty životaschopnosti semen v chlévském hnoji se v průběhu doby zrání zvyšovala (v 1. až 3. měsíci ztratil životaschopnost menší podíl semen než ve 4. až 6. měsíci). U semen, která byla vystavena vlivům bacherové tekutiny a pepsinu, klesly podíly životaschopných semen o významné hodnoty. Vyšší účinnost měl roztok pepsinu. Semena, která byla po této preparaci uložena do hnoje, byla podstatně více rozrušována (po 6 měsících byl podíl životaschopných semen 0 až 3 %) než semena, která nebyla takto ovlivněna (odpovídá situaci semen vysemeněných z rostlin rostoucích na hnojišti).

Klíčová slova: životaschopnost semen plevelů; bacherová tekutina; pepsin; chlévský hnůj

INTRODUCTION

One of preventive measurements of weed management is to avoid dissemination of their fruits and seeds in arable soil. In this context, dissemination of seeds with farmyard manure is important.

The weed seed bank in farmyard manure is composed particularly from seeds present in faeces of farm animals, bedding and the seeds produced by weed plants that grow on or around manure heaps (Dvořák, 1979a).

Kohout, Škoda (1993) state that common farm manures (farmyard manure and cattle slurry) contain viable seeds of particularly aggressive weed species. These are mostly *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Tripleurospermum maritimum* L., *Galium aparine* L., and *Echinochloa crus-galli*.

A considerable part of seeds present in farmyard manure are disrupted up to total loss of their germinability during manure storage. However, these decomposing pro-

cesses depend namely on a technique and time of farmyard manure storage (Dvořák, 1979b; Dvořák et al., 1987).

After 6- to 8-month storage, the manure in the treated manure heap can be considered free of weeds (Kohout, 1990). Viability of weed seeds is markedly reduced already after 3 months (Rupende et al., 1998).

The objective of the presented work was to test effects of digestive fluids and farmyard manure storage on weed seed viability.

MATERIAL AND METHODS

The experiments were established on 25 November in 1997 and on 18 November in 1998 when weed seeds were placed in cattle manure in a field manure heap at 1-m depth below the surface of the heap. They were left there for 3 and 6 months. The seeds were placed in nylon bags per 50 pieces in four replicates per variant. Seed viability

in all variants was assessed using a tetrazolium test and in addition, a test of germinability was carried out in variant A (see below).

A list of variants

Variant A – seeds were placed in farmyard manure without preceding preparation (a test of germinability was carried out in germinators)

Variant B – seeds were placed in the solution simulating properties of rumen fluid for 48 h

Variant C – seeds were placed in the solution of pepsin enzyme for 48 h

Variant D – seeds were placed in rumen fluid for 48 h and in pepsin solution for 48 h (total period of preparation was 96 h)

Variant E – seeds were exposed to the solution simulating rumen fluid for 48 h prior to their placing in the manure heap

Variant F – seeds were exposed to the solution of pepsin enzyme for 48 h prior to their placing in the manure heap

Variant G – seeds were exposed to rumen fluid for 48 h and the solution of pepsin enzyme for 48 h (a total period of preparation was 96 h) prior to their placing in a manure heap

The solution simulating rumen fluid (variants B, D, E, and G) with 14.3 mmol NH₃ was prepared as follows: 0.944 g (NH₄)₂SO₄ dried for 3 h at 105 °C were dissolved in distilled water and the volume adjusted to 1000 ml. If this solution is kept in a refrigerator, its properties remain stable for a month.

To simulate effects of rumen fluid (variants C, D, F, and G), a solution of diluted hydrochloric acid containing pepsin enzyme at defined activity (Czech Standard – Methods for Feed Testing) was used. 2 g of pepsin 1 : 100 (ČsL 3) were dissolved in 1000 ml hydrochloric acid [$c(\text{HCl}) = 0.0745 \text{ mol.l}^{-1}$] which was prior heated to 40 ± 1 °C. This temperature was maintained for the whole period using a thermostat. A fresh solution is used for this assessment. The content of the flask was stirred after 24 h. After preparation, the seeds were subjected to a tetrazolium test.

Forty-eight-hour effects of rumen fluid and pepsin were determined according to the Czech State Standard ČSN 46 7092, part 5 – Methods for feed testing (*in vitro* determination of nitrogen content). This period was sufficient because the feed remains in the rumen for 2 h and in the abomasum for about 30 to 60 min.

Seeds of the following weed species were used: black bindweed – *Fagopyrum convolvulus* L., wild oats – *Avena fatua* L., barnyardgrass – *Echinochloa crus-galli* L., redroot pigweed – *Amaranthus retroflexus* L., common lambsquarters – *Chenopodium album* L., cleavers – *Galium aparine* L., scentless mayweed – *Tripleuro-*

spermum maritimum L., quackgrass – *Agropyron repens* L.

After 3- and 6-month storage of seeds in the manure heap, they were taken out of individual nylon bags. The seeds that seemed to be intact (i.e. the seeds that looked undamaged and/or seeds injured at such a level that they did not exclude their germinability) (Dvořák, Krejčíř, 1974) were tested for viability.

The seeds used for the study were collected from August to October in 1995 in the local area of Žabčice, at 170 to 200 m above sea level. The collected seeds were developed and free of apparent injury. Prior to the establishment of the experiment, they were tested for germinability each year (it was 96.5 to 99.0% in 1997 and 96.0 to 98.5% in 1998). The seeds were placed in a germinator under light conditions in accordance with requirements of individual species. *Amaranthus retroflexus* L. germinated in the dark, the other species in the light.

The experiments were established in four replicates with 50 seeds per weed species. After the seeds had been taken out of farmyard manure (or rumen fluid, pepsin solution), they were rinsed in water, cross dissected so that the embryo was in contact with a tetrazolium-chloride solution (at 0.1% concentration). It was very difficult to dissect the seeds, especially those of a smaller size. We used scalpel and pincette under a light magnifying glass.

Dissected seeds were put on moistened filter paper in Petri dishes. The tetrazolium-chloride solution was applied to each dissected seed using a pipette. Then the Petri dishes were placed in a laboratory and covered with a sheet of filtrate paper since tetrazolium-chloride is sensitive to light.

The assay was evaluated after 24 h. The endosperm of large seeds (*Avena fatua* L.) swelled. Considering a size of seeds and embryos, the evaluation could be carried out after 12 h.

Petri dishes were used as germinators (variant A). The bed of the germinator were three layers of filter paper soaked with water.

Tests of germinability were carried out in four replicates, each with 50 seeds. Dishes with tested seeds were placed in a laboratory under appropriate light conditions. A number of germinating seeds was determined; germinated seeds were removed and their numbers recorded. Water was added to the germinator in order to keep the bed moistened.

RESULTS

After 3-month manure storage, different proportions of viable seeds of individual studied species were assessed using the tetrazolium test (variant A) from used seeds. After 3 months in farmyard manure, the best values (Tab. I, average values in both years) were determined in *Fagopyrum convolvulus* L. (71.5%), *Amaranthus retroflexus* L. (67%), and *Galium aparine* L. (62%). The

I. Numbers of viable seeds after placing in farmyard manure (average from four replicates; % of the number of used seeds)

Weed species	Year of experiment	Variant									
		after 3 months					after 6 months				
		A		E	F	G	A		E	F	G
		v	g	v	v	v	v	g	v	v	v
<i>Fagopyrum convolvulus</i> L.	1997	70.0	44.0	47.0	30.5	5.0	9.5	2.5	6.5	4.0	0
	1998	73.0	42.5	39.0	28.5	8.5	10.5	4.5	4.5	2.5	0
	\bar{x}	71.5	43.25	43.0	29.5	6.75	10.0	3.5	5.5	3.25	0
<i>Avena fatua</i> L.	1997	43.5	32.0	32.0	22.0	1.5	6.0	3.0	2.5	0	0
	1998	40.5	31.0	34.0	16.0	0	0	0	0	0	0
	\bar{x}	42.0	31.5	33.0	19.0	0.75	3.0	1.5	1.25	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	1997	38.0	35.5	30.5	22.5	4.0	2.5	0	0	1.5	0
	1998	43.0	32.0	34.5	30.0	4.0	5.0	3.0	4.0	0	0
	\bar{x}	40.5	33.75	32.5	26.25	4.0	3.75	1.5	2.0	0.75	0
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	1997	70.0	54.0	42.0	26.0	10.0	6.5	2.5	2.5	2.0	0
	1998	64.0	46.5	38.5	21.5	9.0	9.0	4.0	2.0	0	0
	\bar{x}	67.0	50.25	40.25	23.75	9.5	7.75	3.25	2.25	1.0	0
<i>Chenopodium album</i> L.	1997	55.5	48.0	40.0	17.0	9.5	11.5	4.0	4.0	3.0	0
	1998	58.5	46.5	36.5	24.0	6.0	8.0	2.0	2.5	2.0	0
	\bar{x}	57.0	47.25	38.25	20.5	7.75	9.75	3.0	3.25	2.5	0
<i>Galium aparine</i> L.	1997	66.0	46.0	28.5	14.0	4.0	4.0	2.0	2.5	0	0
	1998	58.0	42.0	30.5	12.5	4.5	4.5	0	2.5	2.5	0
	\bar{x}	62.0	44.0	29.5	13.25	4.25	4.25	1.0	2.5	1.25	0
<i>Tripleurospermum maritimum</i> L.	1997	41.5	30.0	18.0	6.0	0	1.5	0	0	0	0
	1998	31.5	26.0	21.5	4.5	2.5	2.0	2.5	0	0	0
	\bar{x}	36.5	28.0	19.75	5.25	1.25	1.75	1.25	0	0	0
<i>Agropyron repens</i> L.	1997	26.0	11.5	11.0	1.5	0	0	0	0	0	0
	1998	22.0	12.5	8.0	4.0	0	0	0	0	0	0
	\bar{x}	24.0	12.0	9.5	2.75	0	0	0	0	0	0

Evaluation: g = germinability, v = viability

lowest values were assessed for *Tripleurospermum maritimum* L. (36.5%) and *Agropyron repens* L. (24%).

Viability of seeds was markedly lower after 6 months of their placing in farmyard manure. No viable seeds were found in *Agropyron repens* L. and viability reduced to very low values (3% on the average of years) in *Tripleurospermum maritimum* L. About 10% of viable seeds were found in persistent seeds of *Fagopyrum convolvulus* L. and *Chenopodium album* L., and ca 8% in *Amaranthus retroflexus* L. after 6 months.

Seed germinability (variant A) was generally lower than viability determined by tetrazolium-chloride. Data on seed germinability (variant A) are given in Tab. I.

Interrelationships among individual species were similar in both methods. The highest germinability after 3 months was assessed in *Fagopyrum convolvulus* L. (43.25%), *Amaranthus retroflexus* L. (50.25%), *Galium aparine* L. (44.0%); seeds of *Avena fatua* L. exhibited 12% germinability.

After 6 months, the values were low and relationships remained equal. The highest germinability was found

again in *Fagopyrum convolvulus* L. (3.5%) and *Amaranthus retroflexus* L. (3.25%); germinability considerably decreased in *Galium aparine* L. (1.0%).

After 48 h of placing seeds in the solution simulating properties of rumen fluid (variant B), the highest number of viable seeds was found in *Amaranthus retroflexus* L. and *Chenopodium album* L., i.e. 93 and 92% on the average of experiments (Tab. II). *Echinochloa crus-galli* L. exhibited 90.5% and *Galium aparine* L. 85.8% (there was a considerable difference between the experiment conducted in 1997 and that in 1998). The lowest proportions of viable seeds were assessed in *Agropyron repens* L. (66.3% on the average).

After 48 h of placing seeds in the solution simulating effects of pepsin enzyme in the digestive system (variant C), the highest number of viable seeds was found again in *Amaranthus retroflexus* L., i.e. 82% of used seeds. Values of seed viability were 78% in *Echinochloa crus-galli* L., 77.3% in *Chenopodium album* L., 75% in *Fagopyrum convolvulus* L., 69% in *Galium aparine* L., 68.8% in *Avena fatua* L., and 58.3% *Tripleurospermum mariti-*

mum L. Viability decreased most again in *Agropyron repens* L. when a proportion of viable seeds was 52.5%.

After 48 h of placing seeds in the solution simulating properties of rumen fluid and 48 h in the solution that simulated effects of pepsin enzyme (variant D), *Amaranthus retroflexus* L. exhibited on the average the highest seed viability (46.8%). It was 45.3% in *Fagopyrum convolvulus* L., 41.8% in *Chenopodium album* L., 38.8% in *Echinochloa crus-galli* L., 33% in *Galium aparine* L., 29% in *Avena fatua* L., 20.3% in *Tripleurospermum maritimum* L., and 17.5% in *Agropyron repens* L.

In variant E, i.e. seeds exposed to rumen fluid before placing in farmyard manure, the highest number of viable seeds after 3-month manure storage (Tab. I) was assessed for *Fagopyrum convolvulus* L., i.e. 43%. The average of all investigated seeds is 30.7%.

After 6-month storage (Tab. I, variant E), the average of all studied species was 2.09% of viable seeds.

In variant F after 3-month manure storage (Tab. I), the highest number of viable seeds was assessed in *Fagopyrum convolvulus* L., i.e. 29.5%. The other examined species showed the average value of 15.82%.

After 6-month manure storage (Tab. I), the average value of 1.09% of viable seeds was determined in all investigated species.

II. Viability of seeds after placing in pepsin solution and rumen fluid (average of four replicates)

Weed species	Year of experiment	Variant		
		B	C	D
<i>Fagopyrum convolvulus</i> L.	1997	90.5	79.5	44.0
	1998	84.5	70.5	46.5
	\bar{x}	87.5	75.0	45.3
<i>Avena fatua</i> L.	1997	81.5	71.0	29.5
	1998	72.5	66.5	28.5
	\bar{x}	76.8	68.8	29.0
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	1997	94.0	82.0	40.0
	1998	87.0	74.0	37.5
	\bar{x}	90.5	78.0	38.8
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	1997	96.0	86.0	45.5
	1998	90.0	78.0	48.0
	\bar{x}	93.0	82.0	46.8
<i>Chenopodium album</i> L.	1997	93.0	79.5	42.0
	1998	91.0	75.0	41.5
	\bar{x}	92.0	77.3	41.8
<i>Galium aparine</i> L.	1997	91.5	76.0	36.0
	1998	80.0	62.0	30.0
	\bar{x}	85.8	69.0	33.0
<i>Tripleurospermum maritimum</i> L.	1997	80.0	62.5	22.5
	1998	82.0	54.0	18.0
	\bar{x}	81.0	58.3	20.3
<i>Agropyron repens</i> L.	1997	75.5	57.5	18.5
	1998	57.0	47.5	16.5
	\bar{x}	66.3	52.5	17.5

In variant G after 3-month manure storage (Tab. I), the highest number of viable seeds was in *Amaranthus retroflexus* L., i.e. 9.5%. The other species showed the average value of 3.54%.

No viability was found in any species after 6 months of manure storage (Tab. I).

The above-mentioned facts show that the seeds exposed to digestive fluids followed by manure maturing processes for 3 and 6 months (Tab. I) exhibited a higher loss of viability in comparison with variant A where seeds were placed in the manure heap without preceding preparation. A dramatic decrease was recorded in variant G.

Additional values are the averages of individual variants. After 3 months the proportions of viable seeds were: A 50%, E 31%, F 18%, and G 4%. After 6 months the values were: A 5%, E 2%, F 1%, and G 0%.

DISCUSSION

The investigations showed that viability of weed seeds considerably decreased during a manure maturing process under cool conditions (a field manure heap). Based on obtained results (Tab. I, variant A), intensity of this process increases during a period of manure maturing. During 3 months, for instance, seed viability in *Amaranthus retroflexus* L. determined with the tetrazolium test decreased by 33% on the average of both experiments. If the seeds were stored in manure for 6 months (Tab. I), this decrease was 92.25%. This suggests that during the 4th to 6th month, seed viability of *Amaranthus retroflexus* L. decreased by 59%, i.e. almost twice vs the 1st to 3rd month of storage. Viability of *Galium aparine* L. decreased by 38% till the 3rd month and by 96% till the 6th month (viability reduced by 58% from the 4th to 6th month), in *Fagopyrum convolvulus* L. by 28.5% till the 3rd month and by 90% till the 6th month (viability reduced by 61.5% from the 4th to 6th month), etc.

This trend was more pronounced in germinability. In *Amaranthus retroflexus* L. it was 50.25% after 3-month storage and 3.25% after 6-month storage, in *Galium aparine* L. 44 and 1%, respectively (Tab. I). Seeds of *Agropyron repens* L. exhibited germinability of 12% after 3 months and no seed germinated after 6 months.

Interesting results were obtained in seeds of *Echinochloa crus-galli* L. whose germinability strongly decreased after placing in farmyard manure, by 66% after 3 months and it almost disappeared after 6 months (1.5% of germinable seeds). These findings suggest, in contrast to dissemination of *Echinochloa crus-galli* L. seeds with slurry, increased dissemination of barnyard-grass with farmyard manure vs other weed species (among others, *Avena fatua* L.). The environment in maturing manure, among others, high microbial activity, decomposed even seeds of this species. However, a necessary precondition of their decomposition is swelling.

Seeds that were used for the experiment in 1997 to 1998 had been collected in 1995. In the meantime from

collecting to their placing in farmyard manure they were stored in paper bags under laboratory conditions. They apparently lost dormancy during that period, which is also documented by the results of tests of germinability prior to establishing the experiment. Such seeds were influenced by processes of manure maturing up to losing their germinability. It is probable that it would have been different if fresh ripened seeds had been placed in manure. According to Kohout (1980) seeds of *Echinochloa crus-galli* L. do not swell during the first months and they would not have been decomposed during manure maturing on such a level.

The achieved results show that to considerably decrease a number of viable seeds in farmyard manure, a storage period in the manure heap shall be longer than 3 months. The manure which matures for a shorter period than 3 months, can markedly facilitate seed spreading.

Seed germinability (variant A) was lower than a percentage of seeds whose viability was assessed using the tetrazolium test (Tab. I). A part of viable seeds did not germinate at that moment and if applied to the soil, they could increase its potential seed bank.

The presented investigations basically correspond with behaviour of seeds that dropped in manure from weed plants which had grown on a field manure heap.

Tab. II gives data obtained from two laboratory experiments aimed at testing effects of rumen fluid and pepsin solution on seed viability. Thus, a considerable part of the cattle digestive system was simulated. Results of both experiments (1997 and 1998) are similar. Statistical comparison of these results showed insignificant differences (in 1997 – significance level 0.8002, in 1998 – significance level 0.6486).

As given in Tab. II, the 48-h preparation of seeds in rumen fluid and pepsin solution affected viability of used seeds.

Further, the data show that absorption in pepsin solution (variant C, 48 h) resulted in higher reduction of seed viability than absorption in rumen fluid (variant B). This was valid for all used seeds. For instance, an average percentage of viable seeds of *Amaranthus retroflexus* L. was 93% in variant B and 82% in variant C. On the average of all weed species, the decrease in seed viability after 48 h was 16 and 30% in variant B and C, respectively. It may be assumed that seed viability is decreased at a higher level in the abomasum than in the forestomach of the cattle.

The most pronounced decrease in viability was assessed after 96-h preparation, i.e. after 48 h in rumen fluid and 48 h in pepsin solution (variant D). On the average of all species, viability decreased by 66%. This decrease is higher than that after separate effects of rumen fluid or pepsin. A sum of percentages characterizing the decrease in seed viability after separate effects of rumen fluid and separate effects of pepsin is lower than the percentage showing the decrease in seed viability affected by both media. A synergic effect of both factors can be assumed. These relationships differ among individual

species. After 48 h, seed viability in rumen fluid decreased by 7% (*Amaranthus retroflexus* L.) up to 33.7% (*Agropyron repens* L.); in pepsin solution – by 18% (*Amaranthus retroflexus* L.) up to 47.5% (*Agropyron repens* L.), and in both media – by 53.2% (*Amaranthus retroflexus* L.) up to 82.5% (*Agropyron repens* L.).

The above-presented data show that rumen fluid and pepsin (96-hour preparation) decreased seed viability to 46.8% in *Amaranthus retroflexus* L. and 17.5% in *Agropyron repens* L. Values for the other examined species are given in Tabs. I and II. These numbers are higher than reported, for instance, by Korsmo (1930). It is necessary to take into account that processes of digestion also run in other parts of the digestive system, such as the guts, and a proportion of viable seeds can be further reduced.

Differences among variants B, C, and D were highly significant (significance level 0.0001).

The described experiment simulates, to a certain level, a status of seeds that go via the cattle digestive system and get with faeces in the manure.

Tab. I presents data on seeds after placing in farmyard manure that were first exposed to effects of digestive fluids under laboratory conditions. The decrease in viability of these seeds was higher and faster than in seeds that were stored in farmyard manure without preparation (variant A).

Effects of pepsin on the loss of viability, even after placing seeds in manure, were higher than those of rumen fluid. After 3 months, on the average, 40.25% of viable seeds of *Amaranthus retroflexus* L. remained after preparation in rumen fluid and 23.75% of seeds after preparation in pepsin, etc. (Tab. I). Both digestive factors applied to seeds before placing them in farmyard manure showed very strong effects on decomposing processes during manure storage.

After 3 months in farmyard manure, viability of seeds exposed to rumen fluid and pepsin solution decreased to minimum in all investigated species (e.g. *Amaranthus retroflexus* L. by 90.5%, *Galium aparine* L. by 96%, and *Agropyron repens* L. by 100%). After this period of manure storage, the loss of viability of untreated seeds (Tab. I) was 50% on the average of all tests, 69.3% in seeds treated with rumen fluid, 82.5% in seeds exposed to pepsin solution, and 95.7% in seeds treated with both factors.

No seeds of any examined species were viable after preparation with pepsin and rumen fluid (96 h) after 6 months (Tab. I). If treated with either pepsin or rumen fluid, seed viability was 3.25 or 5.5%, respectively.

The above facts suggest that mature farmyard manure contains mainly viable seeds that dropped from plants growing on or near to the manure heap. Mature manure contains fewer viable seeds that were exposed to a digestive process, i.e. they originate from animal faeces.

The results document the necessity of timely eliminating weed plants on and around the manure heap. It is quite easy if weeds are cut or treated with appropriate

non-selective herbicides. Harmful effects of weeds were limited by construction of protected field manure heaps.

CONCLUSION

In seeds which were placed in rumen fluid and pepsin solution under laboratory conditions (*in vitro*), proportions of viable individuals significantly decreased. Pepsin solution showed a higher effect.

A loss of seed viability in farmyard manure increased during a period of its maturing (a lower amount of seeds lose their viability in the 1st to 3rd month than in the 4th to 6th month). A percentage of seeds whose viability was assessed using a non-vegetative method (staining the living tissues) was considerably higher than a proportion of seed germinable at that moment. The seeds that are not germinable at this moment can affect the weed seed bank of the soil for a long time.

Seeds exposed to processes similar to the digestive system of polygastric animals before storage in farmyard manure were disrupted faster during manure maturing than intact and mature seeds (seeds that had dropped from plants growing on and around the manure heap). To limit dissemination of weed seeds with farmyard manure, timely elimination of weed plants around the manure heap is necessary.

To achieve a considerable decrease in viable seeds in manure, the period of storage in the manure heap has to be longer than 3 months. After 6 months, the proportions of viable seed decreased to minimum (0 to 10%).

Differences in resistance of seeds of individual weed species against processes of manure maturing are documented by ranking the examined species as follows: *Fagopyrum convolvulus* L. (the most resistant species), *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* L., *Galium aparine* L., *Avena fatua* L., *Tripleurospermum maritimum* L., and *Agropyron repens* L. (the least resistant species).

This study was conducted partly within the project CEZ: J08/98: 432100001 supported by the Ministry of Education, Youth and Physical Training of the CR and partly under post-graduate (PhD) studies of Ing. Ivana Remešová.

REFERENCES

- Dvořák J. (1979a): Šíření plevelů chlěvským hnojem. Úroda, 27: 425.
- Dvořák J. (1979b): Vliv minimálního zpracování půdy na výskyt plevelů. In: Racionalizace zemědělství cestou minimálního zpracování půdy. Ostrava, DT: 83–98.
- Dvořák J. et al. (1987): Agroekologické možnosti a důsledky regulace plevelné složky agrofytoocenóz. In: Sbor. Ref. Semin. Základní agrotechnika – úrodnost půdy, Brno: 111–130.
- Dvořák J., Krejčí J. (1974): Příspěvek ke studiu obsahu semen plevelů v ornici. Acta Univ. Agric. (Brno) Řada A, XXII: 453–461.
- Kohout V. (1980): Rozdíly v dormanci obiliek plevelů z rodu *Echinochloa* a *Setaria*. In: Sbor. Věd. Prací VIII. čs. Konf. Ochr. Rostl. Praha: 337–338.
- Kohout V. (1990): Biologie a možnosti regulace svízele přítuly. In: Problematika regulace rozšíření svízele přítuly, Praha, VŠZ: 5–14.
- Kohout V., Škoda V. (1993): Regulace rozšíření polních plevelů nechemickými způsoby. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe.
- Korsmo E. (1930): Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. Berlin, Verlag von Julius Springer.
- Rupende E., Chivinge O. A., Mariga I. K. (1998): Effect of storage time on weed seedling emergence and nutrient release in cattle manure. Exp. Agric., 34: 277–285.
- ČSN 46 7092 (1986): Metody zkoušení krmiv. 5. část. Stanovení obsahu stravitelných dusíkatých látek *in vitro*. 1986.

Received on January 12, 2000

Corresponding author:

Ing. Ivana Remešová, Ph.D., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, tel.: + 420 5 45 13 31 19, fax: + 420 5 45 13 31 07, e-mail: remesova@mendelu.cz

VÝNOS SEMENE, OBSAH OLEJE A VÝNOS OLEJE HYBRIDNÍ ŘEPKY V PODMÍNKÁCH ČR

SEED YIELD, OIL CONTENT AND OIL YIELD OF HYBRID OILSEED RAPE IN CONDITIONS OF THE CZECH REPUBLIC

P. Baranyk, H. Zukalová

Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic

ABSTRACT: Observations on field-scale trials in traits seed yield, oil content and oil yield by winter hybrid oilseed rape (Pronto) and conventional varieties (Eurol, Falcon, Bristol, Capitol, Lirajet, Olymp, Slapská Stela, Zorro) in four year period (1995/1996 to 1998/1999) have been evaluated. Hybrid variety Pronto achieved every year not only the best seed yield in comparison to the mean of conventional varieties, but also better yields than the best of conventional ones. Oil content was however below 100% each year and twice even lower than the lowest of conventional varieties (1997/1998 Capitol, 1998/1999 Lirajet), differences were however very small. In spite of subnormal oil content, Pronto (owing to high seed yield) achieved also the high oil yield. Differences to the best conventional varieties were however not so significant as in seed yield. In one of these observed years Pronto has been exceeded by conventional variety (1997/1998: Pronto 107.4%, Bristol 107.6%).

Keywords: winter oilseed rape; hybrids; seed yield; oil yield; oil content

ABSTRAKT: V průběhu čtyř let (1995/1996 až 1998/1999) byl v poloprovodních podmínkách sledován výnos semene, obsah oleje a výnos oleje u hybridní řepky (Pronto) a u tradičních odrůd (Eurol, Falcon, Bristol, Capitol, Lirajet, Olymp, Slapská Stela, Zorro). Hybridní odrůda Pronto dosáhla v každém pokusném roce lepšího výnosu semene, než činil průměr tradičních odrůd, a překonala i nejlepší z tradičních odrůd. Obsah oleje byl však ve všech letech pod úrovní 100 % a dvakrát byl dokonce nižší než u nejhůšší z tradičních odrůd (1997/1998 Capitol, 1998/1999 Lirajet), rozdíl se však pohybovaly pouze v řádu desetin procenta. I když měla hybridní řepka Pronto podprůměrný obsah oleje, díky vysokému výnosu semene byl její výsledný výnos oleje z 1 ha rovněž vysoký. Rozdíly mezi odrůdou Pronto a nejlepšími tradičními odrůdami však již nebyly tak velké, jako v případě výnosu semene. V jednom roce byla odrůda Pronto dokonce předstížena tradiční odrůdou (1997/1998: Pronto 107,4 %, Bristol 107,6 %).

Klíčová slova: ozimá řepka; hybridy; výnos semene; výnos oleje; obsah oleje

ÚVOD

Během posledních desetiletí se šlechtitelé řepky snažili vyvinout systémy výroby hybridního osiva mimo jiné na bázi cytoplazmatické samčí sterility/obnovené fertility (CMS/Rf). Několik typů CMS/Rf systémů bylo u řepky uplatněno jak konvenčním zpětným křížením, tak somatickou hybridizací. Jde např. o systémy Ogura, Polima, Shiga-Thompson a MSL, z nichž některé jsou reálně využívány při výrobě hybridního osiva (Imamura et al., 1998).

První hybridní odrůdou ozimé řepky, uvedenou v Evropě na trh, byla Synergy (Ohe et al., 1999), a to ve Francii v roce 1994. Od té doby byla povolena řada dalších hybridů. Současné zastoupení ploch hybridní řepky v některých evropských zemích naznačuje, že trh významných pěstitelů řepky v EU je sice dosud jednoznačně ovládan tradičními liniovými odrůdami, podíl hybridů

však již rozhodně nelze označit za zanedbatelný (Baranyk, Zehnálek, 1999).

V otázce hybridů je třeba důsledně rozlišovat mezi kompozitními a restaurovanými hybridy. Mezi odbornou veřejností a v literatuře se objevuje názor, že složené hybridy mohou být přes svoji vysokou výkonnost v pokusech velmi nespolehlivé v provozních podmínkách, zejména střední a severní Evropy (Saueremann, Gronow, 1999). Jde o to, že jejich výkonnost a výnosová jistota je závislá mimo jiné na dostatečném množství pylu v porostu, resp. na vyhovujícím přenosu pylu z opylovače na sterilní hybridní rostliny.

Proto jsme se v našem příspěvku zaměřili pouze na sledování restaurovaného hybridu (Pronto), který jsme v podmínkách ČR hodnotili z hlediska výnosu semene, obsahu oleje a výnosu oleje a porovnali jej s tradičními, běžně pěstovanými odrůdami ozimé řepky.

MATERIÁL A METODY

Zdrojem hodnocených dat byly poloprovozní odrůdové pokusy Svazu pěstitelů a zpracovatelů olejnin (SPZO), prováděné v letech 1995/1996 až 1998/1999 na pokusné síti vybraných členských podniků. Většina lokalit se nacházela v obilnářské a bramborářské výrobní oblasti, některé však náležely i do oblasti řepařské. Tyto pokusy byly zakládány z hlediska agrotechniky (příprava půdy, termín setí, výsevek, přihnojování, ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům, sklizeň) podle standardní technologie Systému výroby řepky (SVŘ), běžně uplatňované v provozních podmínkách ČR (Vašák et al., 1997). Velikost parcely činila cca 0,9 ha. Přehled zkoušených odrůd uvádí tab. I.

I. Přehled zkoušených odrůd – An overview of tested varieties

1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999
Euro	Bristol	Bristol	Bristol
Falcon	Capitol	Capitol	Capitol
Lirajet	Lirajet	Lirajet	Lirajet
Olymp	Olymp	Olymp	Orkan
Slapská Stela	Slapská Stela	Slapská Stela	Slapská Stela
	Zorro	Zorro	Zorro

Sklizeň jednotlivých odrůd probíhala odděleně, výnosy byly přepočteny na 8% vlhkost a obsah oleje byl stanoven metodou nukleární magnetické rezonance (NMR). Z výnosu semene a obsahu oleje byl vypočten výnos oleje.

Při vzájemném porovnávání odrůd byl za 100 % považován vždy průměr hodnot (výnos semene, obsah oleje, výnos oleje) dosažených v jednotlivých letech u tradičních odrůd. Kromě toho jsme v každém roce také vždy vyhodnotili v daném znaku nejlepší a nejhorší tradiční odrůdu.

Statistické hodnocení bylo provedeno pomocí programu Statgraphics Plus for Windows (verze 4. z roku 1998 fy Manugistics, Maryland, USA) s využitím analýzy rozptylu (ANOVA) jednoduchého třídění.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Přestože byl počet lokalit se založenými polními pokusy v jednotlivých letech poměrně vyrovnaný (30 až 33), počet využitelných výsledků dosti kolísal (20 v roce 1995/1996, 24 v roce 1996/1997, 30 v roce 1997/1998, pět v roce 1998/1999). Příčinou byly různé druhy poškození parcel (vymrznutí v roce 1995/1996, slimáčíci, hraboši a kroupy zejména v roce 1996/1997) a cílená záměna odrůdy Pronto za Pronto + (Pronto množené nikoli pásovým, nýbrž směsným výsevem) na většině pokusných lokalit v roce 1998/1999.

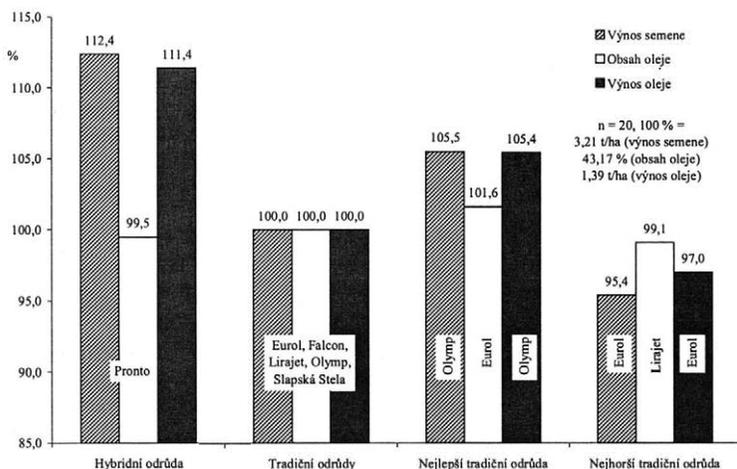
Povětrnostně lze ve stručnosti jednotlivé pokusné roky ve vztahu k vegetaci řepky charakterizovat takto:

1995/1996: časný nástup zimy, sněžení na nezamrzlou půdu, silné mrazy v lednu a únoru s následným značným poškozením mnoha porostů, opožděné jaro, chladné a deštivé počasí prakticky po celou dobu kvetení;

1996/1997: obtížná příprava půdy a nesnadné dodržení agrotechnických lhůt v důsledku opožděné sklizně předplodin, v říjnu a listopadu výrazné zlepšení porostů, časná jarní regenerace rostlin (březen) později přerušena citelným ochlazením v první dekádě dubna, příznivé podmínky pro kvetení;

1997/1998: sucho při vzcházení, mírná zima bez poškození rostlin, časně obnovení jarní vegetace, značný srážkový deficit až do května, bohaté srážky v červnu a červenci;

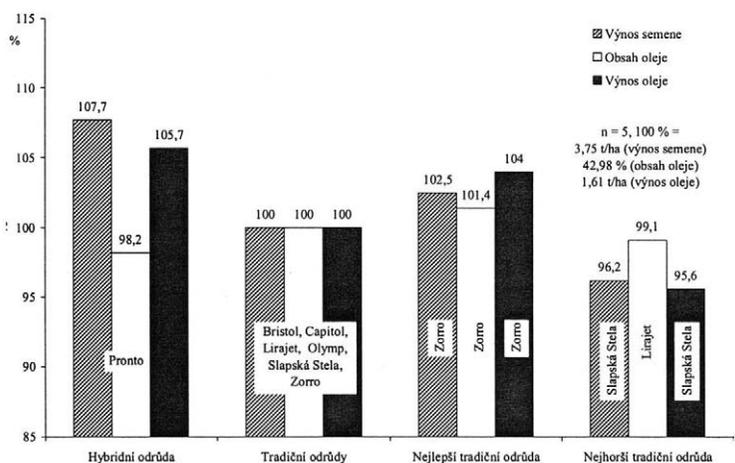
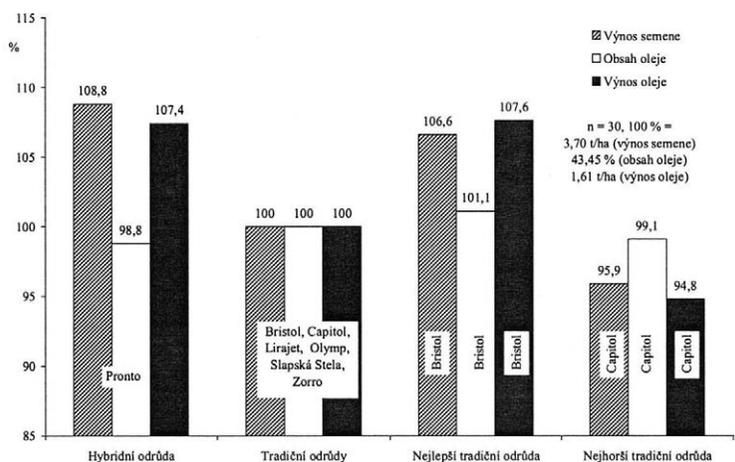
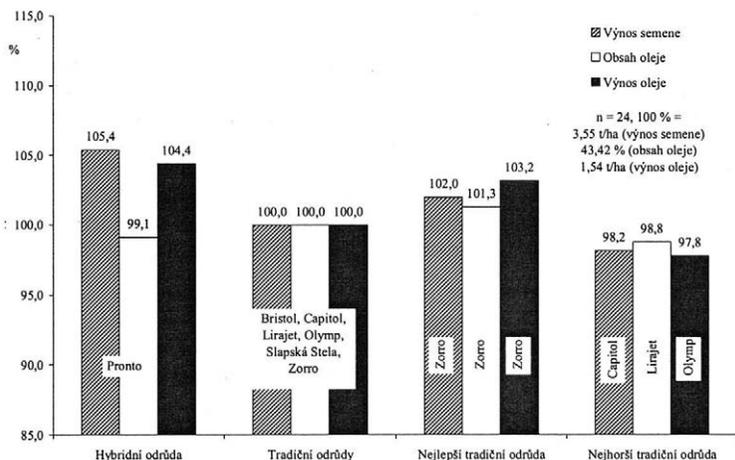
1998/1999: příznivý průběh zimy, vydatné srážky v červnu a červenci, dobrý řepkový rok.



I. Porovnání výnosu semene, obsahu oleje a výnosu oleje hybridních a tradičních odrůd řepky, SPZO 1995/1996 – Comparison of seed yield, oil content and oil yield of hybrid and traditional oilseed rape varieties, SPZO 1995/1996

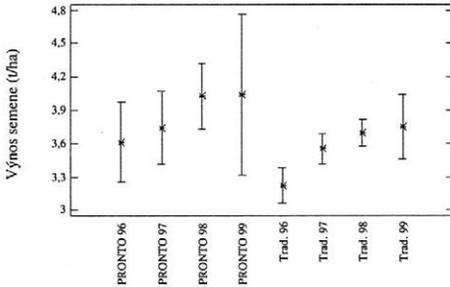
výnos semene – seed yield
obsah oleje – oil content
výnos oleje – oil yield

hybridní odrůda – hybrid variety
tradiční odrůda – traditional varieties
nejlepší tradiční odrůda – best traditional variety
nejhorší tradiční odrůda – worst traditional variety



Výnos semene

Výnosy semene tradičních odrůd se ve sledovaném období pohybovaly v rozmezí 3,21 až 3,75 t/ha a měly rostoucí tendenci (obr. 1 až 4). Hybridní odrůda Pronto dosáhla v každém roce lepšího výnosu semene, než činil průměr tradičních odrůd, a také překonala nejlepší z tradičních odrůd. Významnou skutečností je zároveň fakt, že nejlepší tradiční odrůdy měly kolísavý výkon (1995/1996 Olymp, 1996/1997 Zorro, 1997/1998 Bristol, 1998/1999



5. Průkaznost rozdílů ve výnosech odrůd podle jednotlivých let; průměr odrůd, 95% Bonferroni interval – Difference in yield of varieties by years; average of varieties, 95% Bonferroni interval

II. Test vícenásobného porovnávání, výnosy podle odrůd – Multiple range tests, yields by varieties

Metoda ¹ 95% Bonferroni			
Odrůda ²	počet ³	průměr ⁴	průkaznost ⁵
Trad. 96	100	3,2147	A
Trad. 97	144	3,55111	B
Pronto 96	20	3,609	ABC
Trad. 98	180	3,69589	BC
Pronto 97	24	3,74292	BC
Trad. 99	30	3,748	BC
Pronto 98	30	4,02767	C
Pronto 99	5	4,038	ABC

Kontrast ⁶	Průkazné rozdíly ⁷	+/- limity ⁸
Pronto 97 – Trad. 96	0,528217*	0,520051
Pronto 98 – Trad. 96	0,812967*	0,476269
Pronto 98 – Trad. 97	0,476556*	0,45917
Trad. 96 – Trad. 97	-0,336411*	0,297821
Trad. 96 – Trad. 98	-0,481189*	0,285354
Trad. 96 – Trad. 99	-0,5333*	0,476269

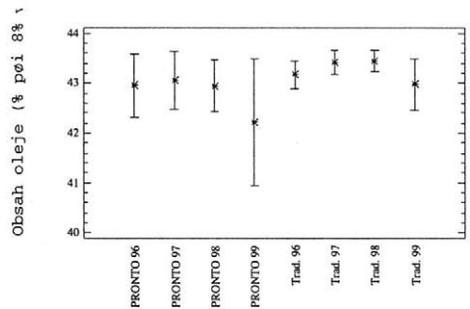
* statisticky významný rozdíl – statistically significant difference
¹method, ²variety, ³count, ⁴mean, ⁵homogeneous groups, ⁶contrast, ⁷significant difference, ⁸limits

Zorro), zatímco hybridní odrůda byla vždy nejlepší. Svědčí to nejen o vysoké výkonnosti hybridní odrůdy Pronto, ale také o stabilitě jejich vysokých výnosů.

Byl zjištěn poměrně značný rozdíl ve výnosech semene v některých případech hybridních a tradičních odrůd (např. 12,4 % v roce 1995/1996), ani v jednom ze čtyř pokusných let však nebyl rozdíl statisticky významný (obr. 5, tab. II). Evidentní je značný vliv ročníku, jenž zřetelně překrýval rozdíly mezi odrůdami (šest statisticky průkazných kontrastů v tab. II).

Obsah oleje

Obsah oleje tradičních odrůd nevykazoval jednoznačně rostoucí tendenci na rozdíl od výnosů semene



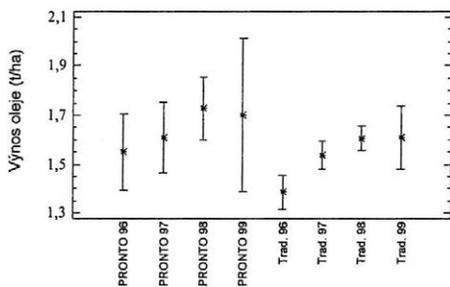
6. Průkaznost rozdílů v obsahu oleje odrůd podle jednotlivých let; průměr odrůd, 95% Bonferroni interval – Difference in oil content of varieties by years; average of varieties, 95% Bonferroni interval

III. Test vícenásobného porovnávání, obsah oleje podle odrůd – Multiple range tests, oil content by varieties

Metoda ¹ 95% Bonferroni			
Odrůda ²	počet ³	průměr ⁴	průkaznost ⁵
Pronto 99	5	42,22	A
Pronto 98	30	42,9453	A
Pronto 96	20	42,9585	A
Trad. 99	30	42,98	A
Pronto 97	24	43,0483	A
Trad. 96	100	43,1655	A
Trad. 97	144	43,4149	A
Trad. 98	180	43,4476	A

Kontrast ⁶	Průkazné rozdíly ⁷	+/- limity ⁸
0	0	0

For 1–8 see Tab. II



7. Průkaznost rozdílů ve výnosu oleje odrůd podle jednotlivých let; průměr odrůd, 95% Bonferroni interval – Difference in oil yield of varieties by years; average of varieties, 95% Bonferroni interval

IV. Test vícenásobného porovnávání, výnos oleje podle odrůd – Multiple range tests, oil yield by varieties

Metoda ¹ 95% Bonferroni			
Odrůda ²	počet ³	průměr ⁴	průkaznost ⁵
Trad. 96	100	1,3878	A
Trad. 97	144	1,53833	B
Pronto 96	20	1,5495	AB
Trad. 98	180	1,60622	B
Pronto 97	24	1,60833	AB
Trad. 99	30	1,609	B
Pronto 99	5	1,702	AB
Pronto 98	30	1,72833	B

Kontrast ⁶	Průkazné rozdíly ⁷	+/- limity ⁸
Pronto 98 – Trad. 96	0,340533*	0,205439
Trad. 96 – Trad. 97	-0,150533*	0,128465
Trad. 96 – Trad. 98	-0,218422*	0,123087
Trad. 96 – Trad. 99	-0,2212*	0,205439

* statisticky významný rozdíl – statistically significant difference For 1–8 see Tab. II

(pokles v roce 1998/1999, obr. 1 až 4). Hybridní odrůda Pronto se v tomto znaku ve všech letech nacházela pod úrovní 100 % a dvakrát nedosáhla ani úrovně nejhorší z tradičních odrůd (1997/1998 Capitol, 1998/1999 Lirajet). Rozdíly se však pohybovaly pouze v řádu desetin procenta. Tato skutečnost koresponduje s údaji z literatury (Paulmann, 1999), že vlivem heteroze se u hybridů zvyšuje výkonnost ve znacích výnos semene, výnos oleje, výška rostlin a vitalita. Heteroze v obsahu oleje u hybridů první generace, kam Pronto patří, nebývá vysoká (Evain et al., 1997), je však v rodičovských liniích krok za krokem zlepšována.

V případě obsahu oleje nebyly zjištěny žádné statisticky průkazné rozdíly nejen mezi odrůdami, ale ani mezi ročníky, v nichž se tyto odrůdy zkoušely (obr. 6, tab. III), přesto se odrůda Pronto chová v tomto kvalitativním znaku jako všechny liniové odrůdy. Nevyužívá v tomto znaku heteroze a obsah oleje je v negativní korelaci s velikostí semen (Olsson, 1960), přičemž HTS u první generace je vysoká a v dalších rodičovských liniích se snižuje, a tím se zvyšuje i obsah oleje.

Velmi významný znak vedle genetického základu, ovlivňující výši olejnatosti, je ročník. Nižší průměrné teploty a vyšší srážky zvyšují olejnatost (Canvin, 1965; Vašák et al., 1995, 1997). Podobně reagovala i odrůda Pronto na chladné ročníky 1995/1996 a 1996/1997 mírně zvýšenou olejnatostí.

Výnos oleje

Hybridní řepka měla podprůměrný obsah oleje, díky vysokému výnosu semene byl však výsledný výnos oleje z 1 ha rovněž vysoký. Rozdíly mezi odrůdou Pronto a nejlepšími tradičními odrůdami však již nebyly tak velké, jako v případě výnosu semene. V jednom ze sledovaných let byla odrůda Pronto dokonce předstižena tradiční odrůdou (1997/1998 Pronto 107,4 %, Bristol 107,6 %, obr. 3).

V žádném z jednotlivých sledovaných let nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ve výnosu oleje mezi hybridními a tradičními odrůdami. V rámci všech pokusných ročníků jsme však zaznamenali čtyři případy, kdy se vliv ročníku projevil (obr. 7, tab. IV).

LITERATURA

- Baranyk P., Zehnálek P. (1999): Yield comparison between hybrid and conventional rapeseed varieties in conditions of Czech Republic. Oilseed crops. Poznaň.
- Canvin D. T. (1965): The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of oils from several oil seed crops. Can. J. Bot., 43: 63–69.
- Evain D., Guuguin N., Despeghel J. P. (1997): Hybridní řepka – opylování, vitalita a kvalita. In: Sbor SVŘ, Hluk: 85–88.
- Imamura J., Fujimoto H., Sakai T. (1998): Kosena cms-restorer system in *Brassica napus*. Bull. GCIRC, 15: 58–61.
- Ohe W., Dustman J., Ohe K. (1999): Winterrapshybride – Untersuchungen von Rapsblüten restaurierter Winterrapshybriden und Linienarten auf Unterschiede im Pollengehalt. Raps, (1): 22–23.
- Olsson G. (1960): Some relation between number of seeds per pod, seed size and oil content and the effects of selection for these characters in *Brassica* and *Sinapis*. Hereditas, 46: 29–70.
- Paulmann W. (1999): Pokrok ve šlechtění hybridní řepky a pěstování MSL – hybridních odrůd. In: Sbor. SVŘ SPZO, Hluk: 96–99.

Sauer mann W., Gronow J. (1999): Optimale Anbauintensität von Hybridraps. Raps, (2): 94–97.

Vašák J., Fábry A., Zukalová H., Morbacher J., Baranyk P. et al. (1997): Systém výroby řepky. Česká a slovenská pěstitelská technologie ozimé řepky pro roky 1997–1999. Praha, SPZO.

Vašák J., Zukalová H., Fábry A., Mikšík V. (1995): Den Ölgehalt von Winterraps (*Brassica napus* L. var. *napus*) beeinflussende Faktoren. Proc. 9th Int. Rapeseed Congr. Cambridge.

Došlo 13. 4. 2000

Kontaktní adresa:

Ing. Petr Baranyk, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha 6-Suchbát, Česká republika, tel.: + 420 2 24 38 25 44, fax: + 420 2 24 38 25 35, e-mail: baranyk@af.czu.cz

RESPONSE OF SOIL MICROORGANISMS AND BUCKWHEAT PLANTS TO CYTOKININES

REAKCE PŮDNÍCH MIKROORGANISMŮ A ROSTLIN POHANKY NA CYTOKININY

J. Kucharski, J. Wyszowska

Department of Microbiology, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

ABSTRACT: Studies were performed in the conditions of cold greenhouse in plastic pots (in five replications) filled with Eutric Cambisol of light loamy sand granulometric composition. In the experiment on the background of constant nutrients level the effects of isopentyl alcohol (IPA) and adenine (Ad) at the rate of 13 mg.kg⁻¹ of the soil and benzyladenine (BA) at the rate 1.3 mg.kg⁻¹ of the soil were analyzed. Precursors of cytokinin and benzyladenine were applied twice: half amount of the total rate 7 days and the rest 14 days after field bean emergence. The next experimental pots were sprayed with water solution of benzyladenine at the concentration of 45 mg.l⁻¹. Studies were made in two experimental series with or without *Azotobacter* sp. inoculation of the soil. It was found that effects of tested chemicals on buckwheat yield were small and limited to adverse influence of isopentyl alcohol in the series with *Azotobacter* sp. inoculation and benzyladenine in treatments without inoculation. Tested chemicals modified number of soil microorganisms. Cytokinin precursors and benzyladenine increased number of organotrophic bacteria, *Azotobacter* sp. and actinomycetes.

Keywords: cytokinins; buckwheat yield; number of microorganisms; urease; dehydrogenase; phosphatase

ABSTRAKT: Pokusy probíhaly v podmínkách nevytápěného skleníku v nádobách z umělé hmoty (v pěti opakováních), které jsme naplnili eutrickou hnědozemí zrnitostního složení lehká hlinitopísčítá půda. Při konstantní hladině živin jsme v pokusu analyzovali účinky izopentylalkoholu (IPA) a adeninu (Ad) v dávce 13 mg.kg⁻¹ půdy a benzyladeninu (BA) v dávce 1,3 mg.kg⁻¹ půdy. Prekurzory cytokininu a benzyladeninu jsme aplikovali nadvakrát: polovinu z celkové dávky 7 dní a zbývající část 14 dní po vzejití bobu obecného. Další pokusné nádoby jsme ošetřili postřikem vodního roztoku benzyladeninu v koncentraci 45 mg.l⁻¹. Realizovali jsme dvě pokusné série s inokulací půdy *Azotobacter* sp. i bez ní. Zaznamenali jsme malé účinky testovaných chemických látek na výnos pohanky, které se omezovaly na negativní vliv izopentylalkoholu v sérii s inokulací *Azotobacter* sp. a benzyladeninu ve variantách bez inokulace. Testované chemické sloučeniny upravovaly počet půdních mikroorganismů. Prekurzory cytokininu a benzyladeninu zvyšovaly počet organotrofních bakterií, *Azotobacter* sp. a aktinomycet.

Klíčová slova: cytokininy; výnos pohanky; počet mikroorganismů; ureáza; dehydrogenáza; fosfatáza

INTRODUCTION

The main purpose of crop production is obtaining maximal yield using rational capital and labour inputs. To achieve crop productivity which is close to the maximal yield potential all yield enhancing factors should be synchronized as soil, fertilization, selection of the cultivar, crop rotation and proper plant protection programme (Bakuniak, Krawczyk, 1995).

Despite many advantages of buckwheat (short growing period, high content of crude protein 15 to 18%) area of its growing in Poland is rather small. The following reasons of that are considered: instability of yielding of this crop as well as big seed losses during maturation and harvesting. Therefore to increase the yield and to re-

duce the losses, appropriate agrotechnical measures should be applied taking into account biological features of buckwheat. Alternatively, substances showing plant growth regulation activity might be used which could contribute to improve buckwheat seed setting and to more uniform seed maturation (Płoszyński et al., 1993; Dietrych-Szóstak, Pawłowska, 1995). Plant hormones not only may modify growth and development of target crop by affecting yield and yield structure but also can improve resistance to environmental stresses. There were performed numerous studies on the application of some precursors of phytohormones to the soil using capability of soil microflora to synthesize plant growth regulators (Nieto, Frankenberger, 1989, 1990; Frankenberger, Arshad, 1991).

The aim of our studies was to determine the effects of isopentyl alcohol and adenine (cytokinin precursors) and benzyladenine applied together with *Azotobacter* sp. inoculation on yield and chemical composition of buckwheat as well as on soil microbial activity.

MATERIAL AND METHODS

Our studies were performed in the conditions of cold greenhouse in plastic pots (in five replications) filled with 2.5 kg of Eutric Cambisol of granulometric composition of light loamy sand. In 100 g of the soil amounts of available nutrients were as follows: 6.5 mg P, 19.5 mg K, 6.4 mg Mg, pH in 1M KCl was 7.3 and hydrolytic acidity (Hh) amounted to 0.45 mmol.

P and K were determined in one soil extract according to Egner's method modified by Riehm (1938, 1943). As extractant 0.0195M water solution of calcium lactate $[(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}\cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ with pH adjusted to 3.55 was applied. Ratio soil and extraction solution was as 1 : 50.

In soil extract P was determined colorimetrically using water solution of mixture 0.03M $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ with photorex in the ratio 1 : 1 (photorex – mixture of 2 g methol, 10 g anhydrous Na_2SO_3 and 300 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ in 1000 ml of water) and K by atomic emission spectroscopy (ESA) method.

Mg was extracted using 0.0125M water solution of CaCl_2 (ratio soil to extractant was as 1 : 10) and then it was determined by atomic absorption spectroscopy (ASA).

To determine hydrolytic acidity soil samples were extracted with 0.5M $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}\cdot \text{H}_2\text{O}$ of pH adjusted to 8.2. Amount of acetic acid was determined by titration of filtrate with 0.1M NaOH.

Soil pH value in suspension of soil in 1M KCl (ratio of soil to KCl was 1 : 2.5) was determined with the acid of combined electrode.

The following rates of nutrients were applied (per 1 kg of the soil): 0.16 g N as $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.16 g P as KH_2PO_4 , 0.26 g K as $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$ and 0.05 g Mg as $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Above-mentioned fertilizers were applied once before sowing of buckwheat seeds cv. Hruszowska. In each pot 15 plants were left. In the experiment effects of isopentyl alcohol (IPA) and adenine (Ad) applied at the rate of $13\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of the soil and benzyladenine (BA) at the rate $1.3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of the soil were studied. Precursors of cytokinine and benzyladenine were applied twice: half amount of the total rate 7 days and the rest 14 days after buckwheat emergence. The next experimental pots were sprayed with water solution of benzyladenine at the concentration of $45\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ what is equal to the rate $170\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$.

Studies were performed in two experimental series with or without *Azotobacter* sp. inoculation. Cells of *Azotobacter* sp. previously isolated from the soil were proliferated and then applied together with cytokinine

precursors (in total in the first and second date rate amounted to $7.8\cdot 10^5\text{ CFU}\cdot\text{pot}^{-1}$). Procedure of *Azotobacter* sp. proliferation and application was given in the paper by Kucharski et al. (1996b). During plant growing period constant moisture level at 60% of capillary field water capacity was maintained.

After buckwheat harvesting (in the phase of flowering) yields of dry matter of above-ground matter and roots were determined. In order to perform chemical analyses 1 g of plant dry material was digested in 10 ml of concentrated H_2SO_4 with 2 ml of hydrogen peroxide. Then digested material was transferred to volumetric flasks and volume was supplemented to 200 ml with the distilled water. In this solution the content of following nutrients was analyzed: total-N, P, K and Mg. After plants harvesting the number of the most important microbial groups (organotrophic, oligotrophic, eutrophic, ammonifiers, cellulolytic, proteolytic and nitrate fixing bacteria; *Azotobacter* sp., actinomycetes and fungi) was estimated in the soil using plate methods. Moreover, activity of some soil enzymes was determined: dehydrogenase, urease and acid and basic phosphatase. The register of chemical, biochemical and microbiological methods is given in Tab. I.

Results of the yield of buckwheat and microbiological examination were statistically analysed using Student *t*-test (Oktaba, 1980).

RESULTS AND DISCUSSION

Tested chemicals contributed to modifications of abundance of some groups of microorganisms in the soil (Tab. II). Introduced inoculum of *Azotobacter* sp. as well as studied cytokinine precursors as well as benzyladenine enhanced number of organotrophic bacteria and *Azotobacter* sp. It resulted in broadening of the ratio of the sum of bacteria and actinomycetes to fungi in series with *Azotobacter* sp. inoculation what can be regarded as favourable. In series without *Azotobacter* sp. isopentyl alcohol and benzyladenine applied to the buckwheat leaves caused reduction of the organotrophic and eutrophic bacteria number. Addition of N_2 fixing bacteria to the control soil resulted in remarkable decrease of oligotrophic and eutrophic bacteria whereas only slight reduction of actinomycetes, ammonifiers and N fixing bacteria was noted. Used chemicals stimulated proliferation of these groups of microorganisms excluding isopentyl alcohol which adversely affected number of eutrophic bacteria.

Changes of the abundance of tested groups of microorganisms might be caused by direct effects of studied compounds and products of their decomposition on microorganisms, as well as by the response of plant itself to these chemicals and mutual action of microorganisms. Soil microorganisms and agricultural crops might affect each other by secreted metabolites (Różycki, Strzelczyk, 1985).

I. Methods of analysis

Analysis	Material	Kind of analysis	Methods or medium	References		
Chemical	soil	P	Egner modified	Riehm (1938)		
		K	Egner modified	Riehm (1943)		
		Mg	ASA	Szysko (1982)		
		Hh	Kappenn	Lityński et al. (1976)		
	plant	N	Kjeldahl	Bremner (1965)		
		P	vanado-molybdenium	Cavell (1955)		
		K	ESA	Szysko (1982)		
		Ca	ESA	Szysko (1982)		
		Mg	ASA	Szysko (1982)		
		Biochemical	soil	Deh	Lenhard modified	Casida et al. (1964)
				Ure	Gorin and Chine Chang	Gorin, Chin Chang (1966)
				Pac i Pal	Tabatabai and Bremner	Tabatabai, Bremner (1969)
Microbiological	soil	Bac	Bunt and Rovir	Harigan, McCane (1966)		
		Olig	dissolved broth	Onta and Hattori (1983)		
		Eut	concentrated broth	Onta i Hattori (1983)		
		Az	Fenglerowa	Fenglerowa (1965)		
		Act	Küster and Williams	Parkinson et al. (1971)		
		Fun	Martin	Martin (1950)		
		Am	Winogradski	Winogradski (1953)		
		Cel	Winogradski	Winogradski (1953)		
		Im	Winogradski	Winogradski (1953)		

Hh – hydrolytic acidity, Deh – dehydrogenases, Ure – urease, Pac – acid phosphatase, Pal – basic phosphatase, Bac – organotrophic bacteria, Olig – oligotrophic bacteria, Eut – eutrophic bacteria, Az – *Azotobacter* sp., Act – actinomycetes, Fun – fungi, Am – ammonifiers, Cel – cellulolytic bacteria, Pro – proteolytic bacteria, Im – nitrates fixing bacteria, ESA – atomic emission spectroscopy, ASA – atomic absorption spectroscopy

II. The effects of cytokinins precursors on the number of soil microorganisms in 1 g of soil dry matter

	Treatments	Bac × 10 ⁶	Olig × 10 ⁶	Eut × 10 ⁶	Az × 10 ¹	Act × 10 ⁶	Fun × 10 ³	Am × 10 ⁶	Cel × 10 ³	Im × 10 ⁶	$\frac{B+A}{F} \times 10^3$
-Az*	C	8.51	10.71	6.90	0.2	4.94	2.96	7.18	14.45	6.02	4.54
	IPA	15.70	6.48	6.10	0.7	8.27	5.43	6.80	16.19	8.49	4.41
	Ad	19.96	12.82	4.60	1.4	6.37	6.26	6.90	23.85	6.05	4.21
	BA	15.58	5.43	6.08	1.6	8.05	1.67	7.60	8.10	6.70	14.15
	BAf	19.42	6.34	3.88	0.7	5.39	7.78	9.88	20.81	9.25	3.19
+Az**	C	10.00	3.12	3.75	21.1	4.04	5.80	6.28	15.96	4.85	2.42
	IPA	22.94	7.41	3.06	89.1	8.44	3.67	7.48	11.98	9.02	8.55
	Ad	31.00	17.72	5.56	151.0	14.07	1.77	9.95	23.54	9.32	25.46
	BA	13.93	10.75	4.13	53.4	5.36	4.70	6.57	6.80	7.43	4.10
	BAf	20.39	8.54	4.08	21.0	7.48	4.10	6.65	10.09	6.50	6.80
	LSD	n.s.	1,50	n.s.	10.6	2,34	1,42	n.s.	4.60	n.s.	

C = control
 IPA = isopentyl alcohol
 Ad = adenine
 BA = benzyladenine
 BAf = benzyladenine foliar applied

* without *Azotobacter* sp. inoculation
 ** with *Azotobacter* sp. inoculation
 LSD = the least significant difference at $P = 0.01$
 n.s. = not significant difference

$\frac{B+A}{F}$ = ratio of bacteria and actinomycetes to fungi

From earlier reports (Nieto, Frankenberger, 1989; Kucharski et al., 1996b) it can be concluded that there is the close relation between the number of soil microorganisms and the soil enzymatic activity. Therefore if tested chemicals affect the number of microorganisms modifications in soil enzymes activity are noted. In our experiment in both experimental series isopentyl alcohol and adenine stimulated soil dehydrogenases activity whereas soil applied benzyladenine inhibited these enzymes as well as urease (Tab. III). Effects of isopentyl

alcohol in the series with *Azotobacter* sp. inoculation and benzyladenine in non-inoculated treatment which significantly reduced yield of above-ground buckwheat organs. Under effects of all tested chemicals the tendency towards decrease of root yield was seen in both experimental series.

Hence microorganisms are capable to transform isopentyl alcohol and adenine to cytokinins obtained results might indirectly prove that in the conditions of our experiments effectiveness of *Azotobacter* sp. in transfor-

III. The effects of cytokinins precursors on the enzymes activity per 1 g of soil dry matter

	Treatments	Dehydrogenases (mm ³ H ₂)	Urease (µg of hydrolysed urea.h ⁻¹)	Phosphatase (µmol of p-nitrophenol)	
				acid	basic
-Az	C	1.46	36.80	2.48	1.37
	IPA	1.93	36.41	2.58	1.27
	Ad	1.59	30.18	2.64	1.29
	BA	1.06	28.75	3.18	1.40
	BAf	1.40	25.87	4.61	1.48
+Az	C	1.86	34.50	3.18	1.34
	IPA	2.46	33.06	3.13	1.51
	Ad	2.59	37.37	2.66	1.49
	BA	1.79	33.06	2.64	1.53
	BAf	2.67	41.21	2.67	1.65
	LSD	0.06	1.03	0.22	0.06

Explanations see Tabs. I and II

alcohol and adenine on urease and both phosphatases activity were not so univocal. There were variations in two experimental series. Enzymatic activity is one of the factors which can indicate the intensity of microbial processes in the soil as well as quality of the soil (Bender, Gilewska, 1983; Laad et al., 1994; Kucharski et al., 1996a).

In the conditions of our experiment applied cytokinone precursors and benzyladenine and *Azotobacter* sp. which was applied to transform used chemicals did not modify development of above-ground organs as well as buckwheat roots (Tab. IV). Exceptions were isopentyl

mation of IPA into cytokinins was low. According to Nieto, Frankenberger (1990) bacteria of genus *Azotobacter* sp. are able to synthesize cytokinins from isopentyl alcohol but it is determined by amount of substrate available as well as by the presence of other precursors for example adenine in the rhizosphere. Hradecká, Petr (1988) reported that cytokinins enhanced yield. They found during studies on rye 29 to 38% yield increase due to increase of the number and weight of kernels compared to the control. In described experiment with buckwheat this compound was not effective what was indicated by decrease of above-ground matter yield ranged from 16% under the effects of isopentyl alcohol with *Azotobacter* sp. inoculation to 26% in the treatment with soil applied adenine without inoculation.

From own studies and from available literature it can be concluded that plant chemical composition might be modified by applied cytokinins. In Nowak, Wierzbowska (1991) and Harms, Nowak (1990) studies tendency towards increase of N content in tested crops was seen. Plant growth regulators by stimulation of some proteases in flag leaf and glumes modified N redistribution causing more intense transport of N compounds from donors to acceptors, i.e. kernels.

In our experiment in the series without inoculation isopentyl alcohol caused increase of N, K, Na, Ca and Mg content in above-ground organs and N and Ca also

IV. The effects of cytokinins precursors on the buckwheat yield in g per pot

Treatments	Above-ground organs			Roots		
	series					
	-Az	+Az	\bar{x}	-Az	+Az	\bar{x}
C	18.12	17.80	17.96	2.90	2.56	2.73
IPA	16.94	15.04	15.99	2.68	2.52	2.60
Ad	18.06	16.06	17.06	2.56	2.36	2.46
BA	13.50	16.78	15.14	2.60	2.50	2.55
BAf	19.16	19.10	19.13	2.58	2.58	2.58
LSD	2.16	2.16	1.52	n.s.	n.s.	n.s.

Explanations see Tabs. I and II

	Treatments	Above-ground organs						Roots					
		N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
-Az	C	1.75	0.35	4.28	0.12	1.89	0.70	1.07	0.21	1.16	0.19	0.96	0.46
	IPA	2.05	0.32	4.40	0.18	2.53	0.83	1.30	0.19	1.08	0.18	1.08	0.44
	Ad	2.58	0.35	4.08	0.13	2.15	1.20	1.00	0.17	1.06	0.19	0.85	0.50
	BA	2.35	0.27	4.28	0.14	1.86	0.80	1.34	0.18	1.50	0.21	1.14	0.48
	BAf	1.99	0.32	4.60	0.14	1.69	0.84	1.05	0.19	1.04	0.19	1.19	0.48
+Az	C	2.30	0.36	4.52	0.14	1.84	1.08	1.14	0.21	1.18	0.12	1.16	0.46
	IPA	1.98	0.32	4.72	0.15	2.40	0.87	0.99	0.17	1.10	0.10	0.93	0.48
	Ad	2.28	0.36	5.04	0.14	2.00	0.87	1.23	0.20	1.04	0.09	1.26	0.72
	BA	2.30	0.34	4.32	0.13	1.91	0.95	1.22	0.20	1.18	0.10	1.08	0.46
	BAf	2.56	0.33	4.00	0.12	1.71	1.08	0.90	0.17	0.90	0.06	1.05	0.39

Explanations see Tabs. I and II

in buckwheat roots (Tab. V). Benzyladenine and adenine positively affected concentration of N and Mg in above-ground organs whereas benzyladenine affected content of N, K and Ca in roots. Soil inoculation with *Azotobacter* sp. cells enhanced content of N, K, Na and Mg in above-ground organs and N, K and Ca in roots. In this experimental series cytokinins precursors enhanced content of K and Ca and whereas content of Mg in buckwheat above-ground organs was decreased similarly to Na and K in roots tissues.

REFERENCES

- Bakuniak E., Krawczyk M. (1995): Znaczenie regulatorów wzrostu w kompleksowych technologiach uprawy roślin. *Pestycydy*, 1: 27–32.
- Bender J., Gilewska J. (1983): The enzymatic activity as an indicator of the initial stage of soil-forming process. Recultivation of technogenous areas. *Matraalja Coal Mining Comp. Cyöngyös*: 193–198.
- Bremner J. M. (1965): Total nitrogen. In: *Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties*. Ceds. Black C. A. Amer. Soc. Agron. Madison, WI.
- Casida L. E., Klein J. D., Santoro D. (1964): Soil dehydrogenases activity. *Soil Sci.*, 98: 371–374.
- Cavell A. J. (1955): The colorimetric determination of phosphorus in plant materials. *J. Sci. Fd Agric.*, 6: 479–481.
- Dietrich-Szóstak D., Pawłowska J., Król M. (1995): Wpływ preparatu Stymulen 60SL na plon i wybrane cechy jakościowe gryki. *Pestycydy*, 1: 45–49.
- Fenglerowa W. (1965): Simple method for counting *Azotobacter* in soil samples. *Acta Microbiol. Pol.*, 14: 203–206.
- Frankenberger W. T., Arshad M. (1991): Yield response *Cap-sicum annum* to the auxin precursor, L-tryptophan applied to soil. *PGRSA Quart.*, 19: 231–240.
- Gorin G., Ching Chang Ch. (1966): A new method of assay the specific enzymic activity. IV. Urease. *Analyt. Biochem.*, 17: 49–58.
- Harigan W. F., McCane M. E. (1966): *Laboratory methods in microbiology*. London, New York, Acad. Press.
- Harms H., Nowak G. (1990): Effect of foliar applied nitrogen and kinetin on nitrogen redistribution during grain growth in wheat. 2. Protein pattern and proteolytic enzyme activities. *Angew. Bot.*, 64: 261–269.
- Hradecká D., Petr J. (1988): Regulace tvorby výnosu ozimého žita cytokininy. *Sbor. VŠZ*, 48: 213–227.
- Kucharski J., Cicęko Z., Niewolak T., Niklewska-Larska T. (1996a): Aktywność drobnoustrojów w glebach zaliczanych do różnych kompleksów przydatności rolniczej, nawożonych azotem mineralnym. *Acta Acad. Agric. Techn. Olsztyn*, 62: 23–35.
- Kucharski J., Wyszowska J., Nowak G. (1996b): Wpływ L-tryptofanu oraz kwasu 3-indolilooctowego na drobnoustroje glebowe i plonowanie marchwi. *Acta Acad. Agric. Techn. Olsztyn*, 63: 48–57.
- Łaad J., Amato M., Zhon L., Schultz J. (1994): Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Alfisol. *Soil. Biol. Biochem.*, 26: 821–831.
- Lityński T., Jurkowska H., Górlach E. (1976): *Analiza chemiczno-rolnicza*. Warszawa, PWN.
- Martin J. (1950): Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.*, 69: 215–233.
- Nieto K. F., Frankenberger W. T. (1989): Biosynthesis of cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. *Soil Biol. Biochem.*, 21: 967–972.
- Nieto K. F., Frankenberger W. T. (1990): Microbial production of cytokinins. *Soil Biochem.*, 6: 191–246.
- Nowak G., Wierzbowska J. (1991): Oddziaływanie regulatorów wzrostu i nawożenia mineralnego na plonowanie oraz skład chemiczny pszenicy jarej. *Rocz. Glebozn.*, XLII: 145–154.
- Oktaba W. (1980): *Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa*. Warszawa, PWN.
- Onta H., Hattori T. (1983): Oligotrophic bacteria on organic debris and plant roots in paddy field. *Soil Biol. Biochem.*, 1: 1–8.

- Parkinson D., Gray F. R. G., Williams S. T. (1971): *Methods for studying the ecology of soil microorganism*. Oxford, Edinburgh, Blackw. Sci. Publ. IBP Handb. 19.
- Płoszyński M., Pawłowska J., Dietrych-Szóstak D. (1993): Ocena wpływu wybranych regulatorów wzrostu na plon i jakość gryki. *Mater. XXXIII. Ses. Nauk. Inst. Ochr. Rośl. 2. Postery, Poznań*: 194–197.
- Riehm H. (1938): Die Bestimmung der Laktatlöslichen Phosphorsäure im den Boden unter Verwendung eines lichtelektrischen kolorimetres. *Bodenkde Pfl.-Ernähr., 9/10*: 30–33.
- Riehm H. (1943): Bestimmung der Kalibedürftigkeit des Bodens aus dem kaligehalt des Laktatextraktes. *Bodenkde Pfl.-Ernähr., 3/1*: 346–348.
- Różycki H., Strzelczyk E. (1985): Połączenia organiczne wydzielane przez drobnoustroje glebowe i korzenie roślin. *Post. Mikrobiol., 24*: 285–303.
- Szysko E. (1982): *Instrumentalne metody analityczne*. Warszawa, PZWŁ.
- Tabatabai M. A., Bremner J. M. (1969): Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem., 1*: 307–310.
- Winogradski S. (1953): *Mikrobiologia gleby*. Warszawa, PWRiL.

Received on June 7, 1999

Corresponding author:

Prof. dr. J. Kucharski, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Department of Microbiology, 10-727 Olsztyn, Pl. Łódzki 3, Poland, tel.: + 48 89 523 48 34, fax: + 48 89 523 48 31, e-mail: jank@uwm.edu.pl

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 nesmí přesáhnout 12 strojopisných stran včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu: formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojité mezery. K rukopisu je třeba přiložit disketu s prací pořízenou na PC 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 nedostacích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

Literatura by měla sestávat hlavně z lektorovaných periodik. 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 v PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.

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 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 12 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout: quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript. A PC diskette should be provided with the paper and graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

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

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

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

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

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

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

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

The section **References** should preferably contain reviewed periodicals. 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.

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, telephone and fax number or e-mail.

The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.

OBSAH – CONTENTS

Zrůst J., Horáčková V., Přichystalová V., Rejlková M.: Content of alpha-chaconine and alpha-solanine in groups of potato varieties listed in the National Book of Varieties of the Czech Republic Obsah α -chaconinu a α -solaninu v odrůdách bramboru zapsaných ve Státní odrůdové knize ČR	481
Vokál B., Hamouz K., Čepl J.: Vliv rozdílných ekologických podmínek pěstování na stolní hodnotu hlíz brambor The effect of different ecological conditions of growing on cooking quality of potato tubers	487
Zavadil J.: Úsporná doplňková závlaha raných brambor Water-saving supplementary irrigation of early potatoes	495
Čížková H., Vacek J., Voldřich M., Ševčík R., Krátká J.: Kmínová silice jako potenciální inhibitor klíčení brambor Caraway essential oil as potential inhibitor of potato sprouting	501
Hamouz K., Blahovec J., Vokál B., Čepl J.: Susceptibility to mechanical damage of potatoes cultivated in different regions of the Czech Republic Citlivost brambor pěstovaných v různých oblastech ČR k mechanickému poškození	509
Remešová I.: The viability of weed seeds in farmyard manure Životaschopnost semen plevelů v chlévském hnoji	515
Baranyk P., Zukalová H.: Výnos semene, obsah oleje a výnos oleje hybridní řepky v podmínkách ČR Seed yield, oil content and oil yield of hybrid oilseed rape in conditions of the Czech Republic	521
Kucharski J., Wyszowska J.: Response of soil microorganisms and buckwheat plants to cytokinines Reakce půdních mikroorganismů a rostlin pohanky na cytokininy	527