ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

Czech Journal of GENETICS AND PLANT BREEDING

Genetika a šlechtění

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

2

VOLUME 36
PRAGUE 2000
ISSN 1212-1975

CZECH JOURNAL OF GENETICS AND PLANT BREEDING

A multi-disciplinary journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

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

Abstracts from the journal are comprised in the databases: AGRIS/FAO database, Biol. Abstr., Bibl. Agri., Chem. Abstr., Field Crop Abstr., Helminthol. Abstr., Her. Abstr., Landwirt. Zentralb., Plant Breed. Abstr. and in Czech Agricultural Bibliography.

EDITORIAL BOARD – REDAKČNÍ RADA

V. Šíp (Prague, Czech Republic) – Chairman

I. Bos (Wageningen, The Netherlands)
B. Cagaš (Zubří, Czech Republic)
J. Černý (Prague, Czech Republic)
P. Dědič (Havlíčkův Brod, Czech Republic)
V. A. Dragavcev (St. Petersburg, Russia)
M. Griga (Šumperk, Czech Republic)
A. Hanišová (Sibřina, Czech Republic)
O. Chloupek (Brno, Czech Republic)
A. Jahoor (Roskilde, Denmark)
A. Mesterházy (Szeged, Hungary)
J. Ovesná (Prague, Czech Republic)
J. Pešek (Brno, Czech Republic)
J. Rod (Telč, Czech Republic)
J. Řepková (Brno, Czech Republic)
P. Ruckenbauer (Tulln, Austria)
E. Schwarzbach (Miroslav, Czech Republic)
J. Špunar (Kroměříž, Czech Republic)
J. Tupý (Prague, Czech Republic)
M. Užík (Piešťany, Slovak Republic)

Editor-in Chief: RNDr. Marcela Braunová

Aim and scope: The journal publishes original scientific papers, short communications and reviews from the field of theoretical and applied plant genetics, plant biotechnology and plant breeding. Papers are published in English, Czech or in Slovak.

Periodicity: The journal is published quarterly. Volume 36 appearing in 2000.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: RNDr Marcela Braunová, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic, tel.: + 420 2 22 52 04 11, fax: + 420 2 22 51 40 03, e-mail: editor@uzpi.cz.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year and should be sent to the contact address. Subscription price for 2000 is 62 USD (Europe) and 64 USD (overseas).

Vedoucí redaktorka: RNDr. Marcela Braunová

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce, krátká sdělení a odborná review z oblasti teoretické a aplikované genetiky rostlin, rostlinných biotechnologií a šlechtění rostlin. Práce jsou publikovány v angličtině, češtině nebo slovenštině.

Periodicita: Časopis vychází čtvrtletně. Ročník 36 vychází v roce 2000.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou kopiích je třeba zaslat na adresu redakce: RNDr. Marcela Braunová, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, Česká republika, tel.: + 420 2 22 52 04 11, fax: + 420 2 22 51 40 03, e-mail: editor@uzpi.cz.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány na celý rok na adrese: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 2000 je 232 Kč.

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

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

© Institute of Agricultural and Food Information, Prague 2000

MK ČR 6694

DIVERSITY IN EUROPEAN WINTER WHEAT LANDRACES AND OBSOLETE CULTIVARS*

DIVERZITA EVROPSKÝCH KRAJOVÝCH A STARÝCH ODRŮD PŠENICE OZIMÉ

L. Dotlačil, J. Hermuth, Z. Stehno, M. Manev

Research Institute of Crop Production, Prague-Ruzyně, Czech Republic

ABSTRACT: European winter wheat landraces and obsolete cultivars (120 accessions) from 15 European countries were evaluated in three-year field trials in Prague-Ruzyně. As cultivars from the most of European regions are involved and a broad spectrum of characters was evaluated, the paper presents some original data on diversity in European wheat. Among the 13 examined characters, a relatively wide diversity (C.V. over 10%) has been estimated in spike length, characters of spike productivity (except in grain weight) and some quality characters (SDS-test and especially Gluten Index, where the highest variability was found). Although it was difficult to distinguish the cultivars according to the country of origin, lower spike productivity and good grain quality were characteristic for those originating in the southeast whereas cultivars from northwest Europe showed an opposite tendency and were late. Using cluster analyses eight groups of cultivars were identified, one of them was represented by the check cultivars. Very specific clusters 7 and 8 were composed of 14 cultivars from six countries; they are characterized mainly by the high values of quality characters. Clustering has decreased the variability of cultivars within the clusters in the most of evaluated characters. However, it was difficult to find a simple linkage between the geographic origin of cultivars and their appartenance to the particular clusters. Potentially valuable cultivars were identified for further studies and/or the utilization in breeding programs. The cultivar Mindeszentpusztai was very early and together with cultivars Guttet 491, Sarrayer 602 H and Landvete fran Uppsala belonged to a group of cultivars with relatively long grain filling period. The harvest index was low but some old cultivars can be found with higher values (Hatvan 0.48, Židlochovická jubilejní osinatá and Česká přesívka 0.45) of this character. Especially in grain quality characters, some landraces and obsolete cultivars can be considered to be valuable resources, e.g. in high crude protein content (over 18% in Bergland, Ukrajinka and Sippbachzeller) and high SDS-test values (8.0 and even more in Ritzelhofer Alt, Automne rouge barbu, Brauner Fuchs and Gostianum 237). In general, most of the old cultivars have a lower Gluten Index; nevertheless, old cultivars with a very high Gluten Index were also found (e.g. Russisk Hvede – 95.9, Hessische Landsorte – 92.5).

Keywords: wheat; landraces; obsolete cultivars; Europe; genetic diversity

ABSTRAKT: Soubor 120 krajových a starých šlechtěných odrůd pšenice ozimé původem z 15 evropských států byl hodnocen v tříletých polních pokusech na stanovišti v Praze-Ruzyni. Vzhledem k zastoupení odrůd z větší části evropského regionu a poměrně širokému spektru sledovaných znaků přináší práce některé původní poznatky o diverzitě evropských odrůd pšenice. Mezi 13 hodnocenými znaky byla zjištěna relativně velká diverzita (variační koeficient přes 10 %) v délce klasu, charakteristikách produktivity klasu (s výjimkou hmotnosti zrna) a některých ukazatelích kvality zrna (SDS-test a zvláště pak Gluten index, kde byla nalezena vůbec nejvyšší variabilita). Rozlišit odrůdy podle země původu bylo obtížné, nicméně odrůdy z jihovýchodní Evropy se vyznačovaly nižší produktivitou klasu a dobrými parametry kvality zrna, zatímco odrůdy se severozápadu měly zcela opačné charakteristiky a byly značně pozdní. S použitím shlukové analýzy bylo možné definovat 8 skupin odrůd, z nichž první tvořily kontrolní odrůdy. Velmi specifické skupiny odrůd 7 a 8 byly tvořeny 14 odrůdami ze 6 zemí a odlišovaly se zejména vysokými hodnotami sledovaných ukazatelů kvality zrna. Shluková analýza snížila u většiny sledovaných znaků meziodrůdovou variabilitu ve skupinách. Bylo však obtížné nalézt přímý vztah mezi geografickým původem odrůd a jejich příslušností k jednotlivým shlukům. Podařilo se nalézt potenciálně cenné odrůdy pro další využití ve výzkumu, popř. ve šlechtění. Odrůda Mindeszentpusztai byla velmi raná a spolu s odrůdami Guttet 491, Sarrayer 602 H a Landvete fran Uppsala měla tato skupina poněkud delší období tvorby zrna. Sklizňový index byl u starých odrůd nízký, nicméně bylo možné nalézt některé odrůdy s vyššími hodnotami (Hatvan 0,48, Židlochovická jubilejní osinatá a Česká přesívka 0,45). Zvláště u znaků kvality zrna mohou být některé krajové a staré odrůdy považovány za cenné potenciální zdroje, např. vysokého obsahu hrubých bílkovin (u odrůd Bergland, Ukrajinka a Sippbachzeller

* Experiments and research on the diversity and the value of European winter wheat landraces and obsolete cultivars were carried out with the kind support of the Grant Agency of the Czech Republic (Grant GA CR 521/97/0834).

přes 18 %), vysokých hodnot sedimentace (SDS-test 8,0 a více u odrůd Ritzelhofer Alt, Automne rouge barbu, Brauner Fuchs a Gostianum 237). Staré odrůdy měly zpravidla nižší hodnoty Gluten indexu, nicméně byly mezi nimi nalezeny odrůdy s velmi vysokými hodnotami tohoto znaku (např. Russisk Hvede 95,9 a Hessische Landsorte 92,5).

Klíčová slova: pšenice; krajové odrůdy; staré odrůdy; Evropa; genetická diverzita

INTRODUCTION

Many modern cultivars, in wheat and in other crops as well, are often rather similar, with a relatively narrow genetic base. Therefore, the utilization of new sources of diversity in breeding is often discussed (Devkota, Shah, 1998; Moghaddam *et al.*, 1998). Landraces, which have arisen through a combination of natural selection and selection by farmers (Belay *et al.*, 1995) have some valuable characters by which they can significantly contribute to the improvement of newly bred cultivars and to broadening of their diversity (Tesemma *et al.*, 1998; Keller *et al.*, 1991). Tolerance to the locally appearing stresses (Li *et al.*, 1997) and on that dependent yield stability are often mentioned as characteristic features of landraces (Tesemma *et al.*, 1998). Landraces and obsolete cultivars represent a very valuable part of gene pool (Zou, Yang, 1995; Vojdani *et al.*, 1993) because they cover most of intra-specific genetic diversity of crops. Also direct practical utilization of some landraces by local farmers has recently been discussed (Brush, Meng, 1998).

Besides historical sources and comparative studies, the diversity of cultivars can be estimated by means of biochemical techniques and DNA analysis. Cluster analysis is an efficient mathematical method which makes it possible to study the diversity among landraces using all available data (Zeven, van Hintum, 1992; Zeven, Schachl, 1989; Jaradat, 1992). Significant variability of landraces and old cultivars can be caused by their origin, that is by climate, geographical and other conditions relating to the regions of origin (van Hintum, Elings, 1991). Wang and Guo (1992) found similarity in gluten alleles in accordance with the geographical origin of cultivars. Ehdaie and Waines (1989) estimated significant genetic variability in grain weight per spike and in productive tillering. Li *et al.* (1997) found forms with resistance to stresses (frost, drought, salinity) among 486 screened samples from four localities.

Obari (1990) confirms earliness and good adaptability of landraces to high temperatures. Ehdaie and Waines (1989) point out longer straw and higher amount of non-productive tillers, a lower number and mass of kernels per spike as well as lower harvest index in landraces. They confirmed that under conditions of considerable stress the old cultivars were more productive because of their adaptation to the regularly occurring stresses. Jafari-Shabestart *et al.* (1995) found salt-tolerant types among landraces. Grain quality of some wheat landraces should be paid special attention because much broader diversity can be found here than in the presently grown cultivars. Keller *et al.* (1991), Wang and Guo (1992), Rodriguez-Quijano *et al.* (1994) and Yang and Liang (1995) refer on very high protein content in kernels of some landraces of common wheat. In our experiments the selected landraces proved not only to have high protein content but also convenient parameters of some other traits of quality (Michalová, Dotlačil, 1993).

MATERIAL AND METHODS

A set of 120 winter wheat landraces and obsolete cultivars from European countries and three modern cultivars (Czech cultivars Sparta, Samanta and Ilona) were studied in three-year field experiments (1995–1997). Trials were sown in one replication on micro-plots (1.5 m^2) in Prague-Ruzyně and standard growing practices were used but without the application of growth retardants and fertilizers during vegetation. Fertilizers were omitted to reduce lodging of long-stem landraces and old cultivars and to imitate original growing conditions of the old materials. Grain weight per plot was estimated but not further analyzed because only very rough values could be obtained from microplots. Earliness in heading, flowering and maturity were recorded; also plant height was measured in field conditions as well as resistance to diseases and lodging. The last two characters were evaluated according to the National Descriptor List for Wheat (Bareš *et al.*, 1985) using point-scale 1–9. Upon maturity, 30 stems with spikes were taken from each plot to analyze spike morphology, productivity and the Harvest index. The rest of the microplot was harvested, and seed samples were analyzed for crude protein content (method by Kjeldahl, Kjeltec Auto System II.), SDS micro-sedimentation test (modification by Hýža, 1986) and Gluten index (ICC Standard No. 155, Glutomatic 2200). The diversity and similarity within the set of studied cultivars were estimated by means of cluster analysis (method: average within groups; measure: Euclidean distance).

The results presented do not evaluate variability within cultivars (most of them are populations). This will be the aim of further research in selected valuable cultivars. We do not include original data on particular cultivars either due to a large extent of such information. Those data are available in RICP Praha and will be included in the National information system on plant genetic resources (EVIGEZ).

RESULTS AND DISCUSSION

The diversity in the evaluated characters within the experimental set of cultivars is characterized in Table 1.

Table 1. Diversity in evaluated characters within the set of 120 winter wheat landraces and old cultivars of European origin (3-year field experiments, 1994–1996)

Character	Mean value	Variance	Coefficient of variation (%)	Maximum value	Minimum value
Days to heading	159.6	8.8	2.7	170	150
Days to flowering	167.8	3.4	2.2	176	161
Days to maturity	215.1	4.1	0.9	219	211
Grain filling period (days)	47.3	5.9	5.1	52	41
Plant height (cm)	113.7	59.6	6.8	131	83
Spike length (cm)	9.2	1.2	12.3	12.3	6.3
Spikelets per spike	17.1	2.4	9.1	20.2	13.2
Grain weight per spike (g)	1.23	0.06	19.9	2.00	0.67
Number of grains per spike	29.6	19.4	14.9	41.4	19.4
Number of grains per spikelet	1.71	0.04	11.1	2.25	1.24
Thousand grain weight (g)	39.6	12.3	8.9	47.9	29.8
Harvest index	0.39	0.001	9.0	0.53	0.30
Crude protein content (%)	16.2	1.11	6.5	19.0	13.3
SDS-test	6.63	0.78	13.3	8.23	4.20
Gluten index	52.7	166.2	24.5	95.9	29.8

The largest variability in earliness has been found in heading time (20 days), and this variability has decreased in flowering and especially in maturity (max. three days difference). Hungarian cultivar Mindeszentpusztai was the earliest one, with a relatively long grain filling period. In cultivars Guttet 491, Sarrayer 602 H and Landvete fran Uppsala was determined the longest grain filling period (52 days).

Only resistance to powdery mildew has been evaluated (because of weak natural infection by other important diseases that did not allow reliable differentiation among cultivars). Relatively good resistance to powdery mildew was estimated in cultivars Bartweizen linie a, Muenstertaler (rated by 5 in nine-point scale). Coming out from these and also earlier data (Michalová, Dotlačil, 1992) we do not expect that effective donors of resistance to rusts and powdery mildew can be found among European landraces and obsolete cultivars.

Rather high variability was estimated in spike length (C.V. = 12.3%), whereas variability in plant height was relatively smaller (C.V. = 6.8%). The longest spike was found in cultivar Ausserberg 7C. Most of the landraces had a very long stem (110–130 cm), a slightly shorter stem was found in obsolete bred cultivars. Exceptions were the cultivars Rimpaus frueher Bastard and Pyšelka with plant height only 98 cm. Variability in number of spikelets per spike was medium (C.V. = 9.1%), the cv. Berges gelber Dickkopf (20.2 %) proved highest value of character.

Huge diversity was estimated in characters of spike productivity. Among these characters, thousand grain weight displayed the lowest variation (C.V. = 8.9%), followed by the number of grains per spikelet (C.V. = 11.1%) and per spike (C.V. = 14.9%). The composite character "grain weight per spike" has the highest variability among spike characters (19.9%). Very high grain weight per spike has been estimated in cv. Tschermacks Marchfelder (2.0 g), it was based on the high number of grains per spikelet (2.06) and per spike (37.2) as well as high grain mass (TGW = 46.2 g). Cultivars Antoninska Wczesna (balanced high values of all characters), Židlochovická jubilejní osinatá (TGW 46.7 g) and Victor (2.05 grains per spikelet and 39.6 grains per spike) demonstrated grain weight per spike over 1.7 g. These cultivars were middle-early in maturity, with a longer grain filling period.

The harvest index was very low in landraces (due to the long stems and relatively low productivity) and has increased in obsolete cultivars; of course the modern check cultivars have short stems and high productivity. The variability estimated (C.V. = 9.0%) can be caused mainly by the differences between the above-mentioned groups. However, some obsolete cultivars also had high HI (Hatvan 0.48, Židlochovická jubilejní osinatá and Česká přesívka 0.45). On the contrary, some landraces showed HI close to 0.3 (Gelderse Ris, Blanc de Lorraine, Saumur d'Automne and others).

The variability in characters of grain quality was specific. The variability in crude protein content in grains can be considered to be medium (C.V. = 6.5%) and its value is comparable to the variability in e.g. plant height. In micro-sedimentation SDS-test the doubled value has been estimated (C.V. = 13.3%) and Gluten Index was the most variable character within the evaluated set of cultivars (C.V. = 24.5%). Most landraces and obsolete cultivars had a higher protein content than check cultivars, a very high crude protein content was found in some of them (e.g., Bergland 18.7%, Ukrainka 18.1%, Sipbachzeller zu 213004 – 19.0%). Even though the high crude protein content in landraces has been frequently referred to, e.g., by Keller *et al.* (1991), Wang and Guo (1992), Michalová and Dotlačil (1993), Rodriguez-Uijano *et al.* (1994) and Yang and Liang (1995) such high values we have found should always be considered carefully, and results from

Table 2. Mean values of characters in groups of cultivars classified according to the country of origin

Country of origin	Number of accessions	Days to heading (since 1. Jan.)*	Days to flowering (*)	Days to maturity (*)	Grain filling period (days)	Plant height (cm)	Spike length (cm)	Spikelets per spike	Grain weight per spike (g)	Number of grains per spike	Number of grains per spikelet	Thousand grain weight (g)	Harvest index	Crude protein conten (%)	SDS test	Gluten index
Czech and Slovak Republic	19	157.4	165.7	213.4	47.7	108.1	9.1	17.2	1.35	31.5	1.80	41.1	0.42	15.6	6.4	55.0
Austria	9	157.9	166.5	214.1	47.6	118.9	9.5	16.5	1.27	28.5	1.73	40.6	0.39	17.3	7.3	53.3
Bulgaria	3	155.6	164.1	213.2	49.1	111.2	9.5	15.9	0.95	23.3	1.46	41.5	0.40	16.0	7.4	56.7
Switzerland	10	157.9	166.2	214.9	48.8	112.5	9.3	16.1	1.16	27.9	1.72	37.3	0.38	16.7	5.8	40.5
Denmark	8	163.9	171.4	217.2	45.8	114.7	9.0	18.2	1.25	32.3	1.76	36.3	0.37	15.6	6.3	56.2
France	13	160.4	168.4	216.9	48.5	112.9	9.4	16.8	1.11	26.6	1.57	40.7	0.36	16.7	6.7	52.6
Great Britain	5	164.8	172.1	217.3	45.2	113.3	7.8	18.3	1.48	35.4	1.90	38.5	0.39	15.6	5.9	47.3
Germany	16	162.9	170.5	215.6	45.1	116.0	8.9	18.0	1.29	30.9	1.70	40.1	0.39	15.8	6.7	56.9
Hungary	10	153.4	163.2	212.5	49.3	113.1	8.6	15.3	1.04	26.7	1.73	39.6	0.40	16.8	7.2	61.2
Netherlands	3	167.6	174.3	217.9	43.6	114.9	9.0	17.4	1.11	28.7	1.64	36.7	0.35	16.7	6.8	49.7
Poland	5	158.4	166.7	213.6	46.9	120.0	9.7	18.2	1.47	32.6	1.82	41.7	0.39	15.7	6.6	52.0
Russia and Ukraine	17	159.2	167.2	215.1	47.9	114.9	9.2	16.9	1.13	28.2	1.63	39.2	0.39	16.4	7.2	51.0
Sweden	5	163.5	170.9	217.8	46.9	115.9	8.6	18.8	1.34	31.8	1.72	38.6	0.38	15.4	5.4	45,1
LSD (Sheffe, 95%)		0.53	0.34	–	–	5.1	0.42	0,19	0.07	0,.0	0.18	2.1	0.01	0.3	0.2	4.8
F-test		17.7*	19.2*	1.1	1.1	2.5*	2.8*	8.8*	6.4*	7.0*	3.5*	2.6*	4.6*	7.2*	10.6*	2.4*

* $P < 0.05$

different growing conditions might differ. However, the mean crude protein content in three check cultivars did not exceed 13.4%, which corresponds well with the general data on these cultivars. Also the relations between high-protein landraces and check cultivars in particular years were rather consistent.

As concerns the micro-sedimentation SDS-test, all ranges of variability could be found. Landraces and obsolete cultivars frequently exceeded check cultivars and had very high SDS-value (e.g., Ritzlhofer Alt 8.1, Automne rouge barbu 8.2, Brauner Fuchs 8.0 and Gostianum 237 8.0). We have obtained similar results from our earlier work (Michalová, Dotlačil, 1993) with local landraces. The opposite tendency appeared in Gluten Index, where most old cultivars had a lower value than the present check cultivars. However, cultivars with high GI values could also be found (e.g., Russisk Hvede 95.9, Hessische Landsorte 92.5). As concerns this character, cultivars with very low GI values could also be of interest – among them such types as e.g., Kotte (GI = 32.6), Eritrospermum 917 (GI = 33.9) and Žídlochovická jubilejní ositatá (GI = 29.8) could be involved.

The above mentioned results support the hypothesis that mainly gluten quality has been improved through breeding, whereas protein content has decreased in the present cultivars. However, forms with high crude protein content as well as high protein quality could be found in the old cultivars studied, e.g., Bergland, Barbu du Maconnais or Mindeszentpusztai. Some landraces and old cultivars can probably be used in breeding, especially as donors of valuable grain quality characters.

The results confirmed the existence of an extensive genetic diversity between old cultivars. Nevertheless, a genetic diversity exists also within landraces which usualy consist of several genotypes which can be further selected. Černý and Šašek (1966) found such diversity in wheat varieties using signal gliadin and glutenin genes. Heterogenity of HMW-GS alleles has been estimated in 52 cultivars studied in our experiments (Gregová *et al.*, 1999) and 46 cultivars (88.5%) were observed to be heterogeneous.

It is obvious that conditions of climate and soil in regions where cultivars have been bred can influence their characters, especially in landraces where environmental conditions can have a substantial impacts (Belay *et al.*, 1995; Tesemma *et al.*, 1998). Therefore, a simple classification of cultivars according to the country of origin has been implemented to estimate the impact of geographic origin of cultivars on the evaluated characters. The results are summarized in Table 2. Cultivars from the territory of the former Czechoslovakia are classified as one group (Czech and Slovak cultivars), as well as cultivars from the territory of the former Soviet Union (now Russia and the Ukraine, cultivars from other parts of the former Soviet Union were not included). In addition to the above mentioned two groups, cultivars from other 11 European countries were studied. Among 15 characters studied, significant differences between the groups of cultivars were found in 13 characters (that are in all characters except days to maturity and grain filling period).

Early heading and flowering were especially found in cultivars from Hungary and also in Bulgarian cultivars. On the contrary, late heading and flowering were characteristic of cultivars originating from West and North Europe (especially from the Netherlands, Great Britain, Denmark, Germany and Sweden). Earliness in maturity corresponds to the previous two characters but differences between the groups are smaller. Interesting early maturing cultivars can be found in the Hungarian group (e.g., cv. Mindeszentpusztai, Szekacz 1242 and Hatvan). Even though the differences in grain filling period were not significant, it seems that some Hungarian cultivars demonstrated a longer grain filling period.

Plant height and spike length differed between particular groups; however, it was difficult to find some relations to the geographic origin of cultivars. A shorter stems in Czech and Slovak cultivars is caused mainly by the fact that some old cultivars bred from original landraces (but with shorter stem) were involved. A shorter spike was characteristic of the most of Hungarian cultivars and of the cultivars from Great Britain. A higher number of spikelets in spike could be found in cultivars from Denmark, Great Britain, Germany and Poland. On the contrary, Hungarian cultivars had a lower number of spikelets per spike (mean value = 15.3).

Among characters constituting spike productivity great differences were found in the number of grains per spikelet and per spike. A low number of grains was found in Bulgarian cultivars (1.46 grains per spikelet and 23.3 grains per spike). On the other hand, cultivars from Great Britain (1.90 and 35.4 respectively), Poland (1.82 and 32.6, respectively) and the Czech and Slovak Republics (1.80 and 31.5, respectively) displayed high values. As concerns grain weight, it is difficult to draw some conclusions on the basis of geographic origin. Even though the differences between groups were significant, most of group mean values didn not exceed the TGW-interval 39–42 g. Cultivars from Denmark (36.3 g), the Netherlands (36.7 g) and Switzerland (37.3 g) showed lower TGW. These differences are small, and they probably better express the ratio of original landraces to obsolete cultivars in geographic groups of cultivars than the real impact of natural conditions. Great differences between the groups were estimated in complex character "grain weight per spike". A low value of this character was estimated in cultivars from Bulgaria (0.95 g) and Hungary (1.04 g). High grain weight per spike was found in cultivars from Great Britain (1.48 g) and Poland (1.47 g). Similarly like in grain weight, the share of landraces and obsolete cultivars in the group probably influenced this character. Nevertheless, the results support the hypothesis that humid conditions of western and northwestern Europe contributed to higher spike productivity of local cultivars, whereas a relatively dry and warmer climate in eastern (southeastern) Europe led to the opposite type of local cultivars. These differences are caused by the different numbers of grains per spikelet and per spike, not due to the differences in grain weight (in this character, an even slightly opposite tendency could appear).

Among grain quality characters, Micro-sedimentation SDS-test and Gluten Index values differed between the geographical groups. The low values of both characters were estimated in cultivars from Sweden, Switzerland and Great Britain, but also other western and northern European groups of cultivars were medium or lower in these characters. Good grain quality parameters were estimated in groups of cultivars from East and South-East Europe, as well as in cultivars from Austria (SDS test = 7.2–7.4; GI = 51.0–61.2). The Hungarian group demonstrated the best value of Gluten Index, as several cultivars showed high values of all quality characters, e.g., Mindeszentpusztai (crude protein 18.2%, SDS-test 6.90, GI 83.2) and Szekacz 19 (crude protein 16.4%, SDS-test = 8.00 and GI = 70.0). Liu (1988) obtained comparable results when he screened 17 landraces with high protein content (16–17%) and good quality characters among more than 600 accessions.

Only slight differences were found in Harvest Index values – the higher mean value in the Czech and Slovak group was influenced by the composition of the set of cultivars (three check cultivars and old bred cultivars with a bit higher HI were involved). Differences were mainly linked to spike productivity (coefficient of correlation $r = 0.43^*$) and plant height ($r = -0.31^*$); no linkage to geographic origin was found.

Clustering according to the country of origin made rough characterization possible in a few characters. However, two groups with some typical characters responding to warmer arid and colder humid climates can be distinguished (besides the other groups):

1. Cultivars from southeastern Europe (Bulgaria, Hungary, partially also Russia and the Ukraine), where earliness, lower spike productivity and good quality characters are characteristic.
2. Cultivars from northwest Europe (Great Britain, Sweden, Denmark, the Netherlands and partially from other

countries), with opposite characters (mainly high spike productivity and low grain quality, late types).

Vojdani, Meibodi (1993) studied a large set of 573 wheat landraces from 72 localities in Iran. The evaluation of 12 yield components made it possible to form five groups according to the places of origin. Less certain conclusions of this work could be conditioned not only by the specific climate of both regions but also by an intensive exchange of seeds in Europe, which could partially obliterate the original regional characteristics.

We have made an attempt of a more precise grouping of cultivars using cluster analysis based on all 15 characters estimated. When the set of 124 evaluated cultivars has been split to 8 clusters, some significant differences between clusters were found in all characters. Relations between particular clusters are shown in Fig. 1. The distance between clusters is characterized as the Euclidean distance between the mean values of characters within clusters. High distances were found between clusters 1, 7 and 8, which were all also highly distant from the rest of the clusters. On the contrary, two groups of related clusters can be identified (the first group is composed of clusters 2, 3, and 4 and the second consists of clusters 5 and 6) which have a smaller distances than clusters 1, 7 and 8. Individual clusters can be characterized as follows (Tables 3 and 4):

Cluster I. This cluster consists of 3 check cultivars that represent modern bred cultivars, adapted to the local conditions. They differ from the landraces and obsolete cultivars in other clusters mainly by earliness, short stem and spike and higher spike productivity caused mainly by the high number of grains per spikelet (1.99). Of course, also the Harvest Index is much higher in this group (0.48) when compared to all other clusters. Grain quality is specific by low crude protein content, low value of SDS test and on the contrary by high Gluten Index (86.5).

Cluster II is comprised of 19 cultivars of rather different geographic origin (from eight countries) which can be characterized by long stem, a rather high number of grains per spikelet and per spike and mean values of grain quality characters.

Cluster III is closely related to cluster II and involves 21 cultivars from nine countries which don't have common geographic characteristics. Cultivars in this cluster are late, with a relatively short grain filling period (they differ in these characters from the previous cluster), they have a very low number of grains per spikelet and per spike as well as low spike productivity and low Harvest Index. Quality characters can be described as middle.

Cluster IV is formed by late cultivars with a shorter grain filling period, relatively short stem (105 cm) and short spike (7.9 cm) which is rather dense (17.9 spikelets per spike). Spike productivity is at a medium level as well as Harvest Index and grain quality characters. This cluster involves 15 cultivars, mainly from western Europe, but also three Czech cultivars and one cultivar from Sweden.

Cluster V consists of 13 cultivars from eight different countries (except of southern and eastern Europe). The cultivars have a very long stem and spike (9.6 cm), a high number of spikelets per spike (18.2), a relatively high number of grains per spikelet and per spike and larger grains (TGW = 41.3 g). These characters result in very high grain weight per spike (1.47 g). Characters of grain quality are relatively low, especially the Gluten Index (42).

Cluster VI is closely related to previous cluster V and consists of the largest group of 39 cultivars. Except for Denmark, Great Britain and Poland the cultivars from all the other countries were present in this group. Most relatively early cultivars belong to this cluster, with a longer grain filling period (50 days). The number of spikelets per spike is very low (16.2) as well as the number of grains per spikelet and per spike. However, the variability within the cluster in the last two characters is still rather high. Grains are a bit larger (TGW = 41.0 g) with high gluten content (16.7%) and low gluten quality (GI = 45).

Clusters VII and **VIII** are very distant from all previous groups and have some specific features. Nevertheless, there is also a great distance between both of these clusters. Cluster VII consists of 11 cultivars from four countries, where Hungarian (5) and Russian (3) origin is typical, but also one French cultivar (Barbu du Maconnais), one Czech cultivar (Bílá od Dukovan) and one Slovak cultivar (Slovenská 777) belong to this cluster. An absence of the cultivars from northwest Europe in this group is obvious. Cultivars in this group are often early, awned forms with relatively long grain filling period, middle plant height and spike length. Nevertheless, there is still rather high diversity in earliness within the cluster. Spike productivity is medium, characterized by a lower

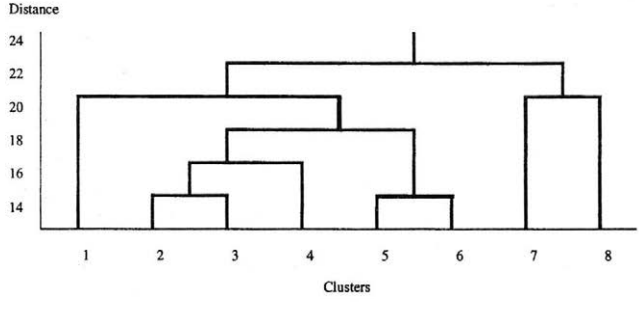


Fig. 1. Relations between 8 estimated clusters within the set studied winter wheat cultivars (120 landraces and obsolete cultivars, 3 check cultivars)

Table 3. Mean values of selected characters in the eight clusters within the set of 123 cultivars of winter wheat (120 landraces and old cultivars, 3 check cultivars)

Character	1. $n = 3$	2 $n = 19$	3 $n = 21$	4 $n = 15$	5 $n = 13$	6 $n = 39$	7 $n = 11$	8 $n = 3$	F-test
Days to flowering	162	168	172	171	169	165	165	171	45.6*
Days to maturity	211	215	217	216	215	214	214	215	11.9*
Grain filling period	49	47	45	45	47	50	49	44	33.8*
Plant height (cm)	86	119	118	105	119	113	112	118	31.8*
Spike length (cm)	7.9	9. 3	8.9	7.8	9. 6	9.3	9.2	10.2	5.1*
Spikelets per spike	17.2	17.6	17.4	17.9	18.2	16.2	16.7	18.3	5.1*
Spike prouctivity (g)	1.34	1.30	1.14	1.23	1.47	1.19	1.10	1.30	3.5*
Grains per spike	35.1	31.6	27.7	30.9	33.0	27.4	28.5	34.8	7.0*
Grains per spikelet	1.99	1.79	1.61	1.72	1.82	1.66	1.66	1.92	4.7*
TGW (g)	39.8	38.6	38.2	37.8	41.3	41.0	40.6	36.2	3.4*
Harvest index	0.48	0.39	0.36	0.39	0.40	0.39	0.40	0.40	6.8*
Protein content (%)	13.3	16.2	16.2	15.6	15.8	16.7	16.7	15.2	8.3*
SDS-test	5.58	6.97	6.57	6.14	6. 06	6.64	7.42	7.77	3.5*
Gluten index	86.5	57.3	49.6	50.4	41.9	45.4	72.7	92. 2	73.6*

* $P < 0.05$

number of grains and slightly higher grain weight (TGW = 40.6 g). All characters of grain quality (crude protein content 16.7%, SDS-test 7.4, Gluten Index 73) have very high values.

Cluster VIII is comprised of only three cultivars, one from Denmark (Russisk Hvede) and two from Germany (Brauner Fuchs and Hessische Landsorte). Cultivars are relatively late in heading and flowering but medium in maturity, which results in the very short grain-filling period (44 days). However, grain filling period in cultivar Russisk Hvede reached the mean value (47 days). The stem is long and bears a very long spike (10.2 cm) with a high number of spikelets (18.3). The very high number of grains per spikelet (1.92) and per spike (35) compensates for low grain weight (TGW = 36.2 g) and final spike productivity is slightly above the mean value. The protein content is relatively low, but its quality is extremely high (SDS-test 7.8; Gluten Index 92).

In most characters the estimated coefficients of variation within clusters were lower than those within the whole set of cultivars. This indicates that clustering has decreased the diversity of most characters and has led to increased homogeneity of cultivars in particular clusters.

Table 4. Cultivars in the particular clusters according to the country of origin

Country of origin	Cluster							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Czech and Slovak Republic	3	2	1	3	2	6	2	
Austria		4	1		1	2		
Bulgaria						3		
Switzerland				2	1	7		
Denmark		1	4	2				1
France		2	2	2		6	1	
Great Britain			2	1	2			
Germany		4	4	4	1	2		2
Hungary		1				4	5	
Netherlands			3			1		
Poland		3			2			
Russia and Ukraine		2	3		2	7	3	
Sweden			1	1	2	1		
n	3	19	21	15	13	39	11	3

* $P < 0.05$

REFERENCES

Bareš I., Sehnalová J., Vlasák M., Vlach M., Kryštof Z., Amler P., Malý J., Beránek V. (1985): Klasifikátor genus *Triticum* L. VÚRV Praha, VŠÚO Kroměříž.

Belay G., Tesemma T., Bechere E., Mitiku D. (1995): Natural and human selection for purple-grain tetraploid wheats in the Ethiopian highlands. Genetic Resour. Crop Evol., *42:* 387–391.

Brush S. B., Meng E. (1998): Farmers, valuation and conservation of crop genetic resources. Genet. Resour. Crop Evol., *45:* 139–150.

Černý J., Šašek A. (1996): Analysis of genetic structure of regional common wheat varieties using signal gliadin and glutenin genes. Scientia Agric. Bohemoslov., *27*: 161–182.

Devkota R. P., Shah R. P. (1998): Use value of rice and wheat landraces in the public sector breeding programmes in Nepal. In: Managing agrobiodiversity: farmers' changing perspectives and institutional responses in the HKH region. Kathmandu, Nepal. Int. Centre Integr. Mountain Devel.: 391 –395.

Ehdaie B., Waines G. J. (1989): Genetic variation heritability and path – analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. Euphytica, *41*: 183 –190.

Gregová E., Hermuth J., Kraic J., Dotlačil L. (1999): Protein heterogeneity in European wheat landraces and obsolete cultivars. Genet. Res. Crop Evol., *46*: 521–528.

van Hintum T. J. L., Elings A. (1991): Assessment of glutenin and phenotypic diversity of Syrian durum wheat landraces in relation to their geographical origin. Euphytica, *55*: 209–215.

Hýža V. (1986): Mikrosedimentační metoda na hodnocení šlechtitelských materiálů pšenice. Genet. a Šlecht., *22*: 117–122.

Jafari-Shabestari J., Corke H., Qualset C. O. (1995): Field evaluation of salinity stress in Iranian hexaploid wheat landraces accessions. Genet. Resour. Crop Evol., *42*: 147–156.

Jaradat A. A. (1992): Estimates of phenotypic diversity and traits associations in durum wheat landraces from Jordan. J. Genet. Breed., *46*: 69–76.

Keller L., Schmid J. E., Keller E. R. (1991): Are cereal land races a source for breeding? Landwirtschaft, *4*: 197–202.

Li Xingpu, Sun Fengrui, Guo Beihai, Liu Lianru, Pang Chunming (1997): Evaluation of abiotic stress resistance in Hebei winter wheat genetic resources. Wheat Inform. Serv., *85*: 1–6.

Liu L. (1988): Local varieties of winter wheat with a high protein content. Zouwu Pinzhong Ziyuan , *4*: 41.

Michalová A., Dotlačil L. (1992): The evaluation of winter wheat gene pool of Czech Moravian and Slovak origin. Plant Genetic Resour. – Annual Report: 2 –9.

Moghaddam M., Ehdaine B., Waines J. G. (1998): Genetic variation for and interrelation-ships among agronomic traits in landraces of bread wheat from south-western Iran. J. Genet. Breed., *52*: 73–81.

Obari K. (1990): Evaluation of local wheat landraces in breeding programmes in Syria. In: Wheat Genetic Resources: Meeting Diverse Needs. ICARDA: 211–215.

Rodriguez-Quijano K., Vazquez. J. F., Garillo J. M. (1994): Variation of high molecular weight glutenin subunits in Spanish landraces of *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* and ssp. *spelta*. J. Genet. Breed., *44*: 121–126.

Shabestart et al. (1995) – **doplnit citaci**

Tesemma T., Tsegaye S., Belay G., Bechere E., Mitiku D. (1998): Stability of performance of tetraploid wheat landraces in the Ethiopian highland. Euphytica, *102*: 301–308.

Vojdani P., Meybodi M. (1993): Distribution and genetic diversity of primitive bread wheats in Iran. In: Damania A. B. (Ed.): Biodiversity and Wheat Improvement. Chichester U. K. John Wiley & Sons: 409– 415.

Wang Z. N., Guo B. H. (1992): SDS-PAGE analysis for local wheat varieties in Hebei. Acta Agric. Baredli-Sinica, *7*: 35–39.

Yang J. Z., Liang Q. (1995): Yinchun 3 wheat germplasm with high protein content and resistance to drought. Crop Genet. Resour., *1*: 44.

Zeven A. C., van Hintum T. J. L. (1992): Classification of landraces and improved cultivars of hexaploid wheats (*Triticum aestivum, T. compactum* and *T. spelta*) grown in the USA and described in 1992. Euphytica, *59*: 33– 47.

Zeven A. C., Schachl R. (1989): Groups of bread wheat landraces in the Austrian Alps. Euphytica, *41*: 235–246.

Zou Z. T., Yang W. Y. (1995): Development of wheat germplasm research in Sichuean province. Crop Genet. Resour., *2*: 19– 20.

Received for publication Noverber 25, 1999

Contact Address:

Ing. Ladislav Dotlačil, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: + 420 2 33 02 23 74, fax: + 420 2 33 02 22 86, e-mail: dotlacil@genbank.vurv.cz

MIXOGRAPH TEST IN WHEAT BREEDING PROGRAMME

MIXOGRAFICKÉ HODNOCENÍ VE ŠLECHTĚNÍ PŠENICE

A. Hanišová, P. Horčička, J. Kubánek

Plant Breeding Station Stupice, SELGEN a. s., Czech Republic

ABSTRACT: Eight winter and four spring wheat varieties with different baking quality were analysed in 1993–1999 in Stupice breeding programme for Mixograph parameters, SDS value, %N, gluten content, laboratory bread volume and HMW glutenin composition. All used methods were standard, in Mixograph test 10 g samples were used. Results confirmed good prediction of quality level by SDS test. The content of protein and gluten did not have so good correlations to baking quality parameters. 14 Mixograph parameters were evaluated and especially peak time and peak distance had very low relations to baking test. Individual Mixograph traits did not show any strong relations to other baking tests. Mixograph indexes gave better information to the breeder. We suggest a new index MIS (Sum in mm: peak height, peak width, windth 60 mm after peak *2, width 8 minutes from start *2). High significance of correlation coefficients of HWM gluten composition and Mixograph indexes were confirmed.

Keywords: wheat; breeding; quality; mixograph; micro-tests; index

ABSTRAKT: Mixografické hodnocení je součástí řady šlechtitelských programů pšenice. Vzhledem k malému množství požadovaných zrn pro analýzy a poměrně krátké době analýzy lze toto hodnocení zařadit do raných šlechtitelských generací, obvykle již od generace F_3. Jsou vyvinuty postupy a přístroje pro navážky 35 g, 10 g, 5 g i 2 g mouky. Dobré výsledky ve šlechtění na jakost pomocí mixografického hodnocení potvrzuje řada autorů (Martinant *et al.*, 1998; Anderssen *et al.*, 1998). Mixograf je přístroj, který hodnotí vlastnosti těsta při mísení a jehož odpor je zapisován jako funkce doby mísení (Simmonds, 1998). V literatuře se setkáme s hodnocením různých parametrů mixografické křivky i s jejich různým označením. Martinant *et al.* (1998) hodnotili 40 různých znaků ve speciálním počítačovém programu Mixmart. Ne vždy se potvrdily dobré korelační vztahy k ostatním znakům pekařské jakosti, zejména k laboratorním pekařským pokusům. Cílem naší práce bylo ověření vztahů mezi sedimentačním testem, obsahem bílkovin a lepku, laboratorním pekařským pokusem, skladbou gluteninových podjednotek k mixografickým parametrům u vybraných odrůd pšenice ozimé a jarní u hodnot ze šlechtitelských rozborů v letech 1993–1999. Bylo analyzováno osm odrůd pšenice ozimé a čtyři odrůdy pšenice jarní, které se lišily úrovní pekařské jakosti. Zastoupeny byly třídy jakosti E až C (tab. 1). Potvrdila se velmi dobrá predikční hodnota sedimentačního testu a neprůkazné závislosti pro obsah bílkovin a lepku k objemu bochníku. Hodnotili jsme 14 parametrů na mixografických křivkách a na základě jejich vztahů k ukazatelům pekařské jakosti jsme vybrali 4, které měly nejlepší vypovídací hodnotu (tab. 2 a 3). Z nich jsme vypočetli mixografický index označený jako MIS, který je součtem těchto hodnot v mm na střední linii křivky: 1. výška vrcholu (P), 2. šířka vrcholu (PW), 3. šířka křivky 60 mm od vrcholu (WP60) × 2, 4. šířka křivky 8 minut od startu (WZ+8) × 2. Hodnoty námi navrženého indexu jsme srovnávali s indexem (MI), který navrhli Johansson *et al.* (1999), který je součtem těchto hodnot v mm: 1. výška vrcholu (P), 2. vzdálenost vrcholu od startu (PD), 3. šířka křivky 60 mm od vrcholu (WP60) × 10. Námi navržený index MIS prokázal nejlepší shodu s ostatními znaky jakosti hodnocenými ve šlechtění. Tento index měl vysoce průkazné korelační koeficienty s úrovní jakosti skupin tříděných podle skladby gluteninových podjednotek (tab. 4 a 5). Hodnocení mixografů pomocí indexů zlepšuje jejich vypovídací hodnotu a snižuje počty měřených znaků. Prokázala se vhodnost využití mixografického hodnocení ve šlechtění pšenice.

Klíčová slova: pšenice; šlechtění; jakost; mixograf; mikrotesty; index

INTRODUCTION

In wheat breeding programmes the evaluations of end-use quality are very important. Breeders are interested in simple and fast methods for prediction of inherent quality potential. Also Mixograph was reported as an efficient tool in wheat breeding (Martinant *et al.*, 1998; Anderssen *et al.*, 1998). Mixograph is an instrument to record mixing behavior of wheat flour doughs. Mixing torque is plotted as a function of time (Simmonds, 1989). Mixograph was approved as an official physical test in 1961, revised in 1988 (Martinant *et al.*, 1998). 10g and 35g versions were developed, later the 10 g version was modified to require only 5 g or 2 g of flour. The two-gram Mixograph has been shown to be suitable for selection as early as F_3 and in all other programmes where sample size is very small (Gras *et al.*, 1997). Significant correlations between baking characters and Mixograph dates

were confirmed by some authors (Martinant *et al.*, 1998; Wikstrom, Bohlin, 1999; Anderssen *et al.*, 1997). Also Mixograph differences were described between lines carrying alleles 5+10 and 2+12 at Glu D1 locus (Moreno-Sevilla *et al.*, 1995; Gras *et al.*, 1997). Analyses of Mixogram curves evaluated different variables, more or less complex indexes, scales and also special software Mixmart was developed for evaluation of 40 parameters (Martinant *et al.*, 1998). They selected 10 parameters with significantly lower intra-genotypic variance than inter-genotypic variance. The shape of Mixogram can be characterized by indexes similar to those defined for the Farinogram. It is also known that there is not always a strong correlation between properties estimated on the same dough when mixed on the Mixograph and Farinograph (Anderssen *et al.*, 1998). Johansson and Svensson (1999) reported that no correlation was found between Mixogram index and laboratory baking test for spring wheat, for winter wheat the correlation was significant.

The aim of this work was to analyse the relations of Mixograph parameters to other baking quality tests and to select a more simple method of Mixogram evaluation for breeding programme.

MATERIAL AND METHODS

Eight winter wheat varieties and four spring wheat varieties with different baking quality were evaluated in 1993–1999 for some baking quality parameters: sedimentation value, protein and gluten content, laboratory baking test and Mixograph resistance. The varieties were planted in breeding trials on Stupice location.

A standard 10g Mixograph was used. All doughs were prepared with 10 g of flour and 6 ml (or 5.8 ml) of water. Results of Mixogram curve were evaluated in 14 parameters on midline (Fig. 1).

The milling of all samples for sedimentation value, total protein and gluten was done on the Laboratory Mill 3100 (Perten Instruments). Total protein was estimated by NIT on Infratec 1225 (Tecator AB, Sweden). Sedimentation value was determined on B.M.F. Seditester (BMF Kroměříž, Czech Republic) according to the producer manual. Wet gluten quantity was washed 10 min. with 2% NaCl solution in a Glutomatic in 1997–1999 (ICC Standard No. 155, AACC Method 38-12). During the years 1993–1996 the Gluten Washer BMF (BMF Kroměříž, Czech Republic) was used for wet gluten determination. Laboratory baking tests were performed in Panasonic Bread Maker (Hausbäcker – Hanišová *et al.*, 1995) with our adapted recipe (300 g flour, 3 g dry east, 10 g fat, 10 g salt and 190 ml of water 25 °C warm). For electrophoretic separation DESAPHOR VA (Dessaga, Heuidelberg) was used. Polyacrylamide electrophoresis of glutenin fractions was carried out by SDS-PAGE (Kubánek, Černý, 1987). For calculations of correlation coefficients results of baking tests from the Official Trials were used (Rapid Mix Test – D. Jurečka, F. Novotný).

RESULTS AND DISCUSSION

The varieties tested by Mixograph analyses in 1993–1997 had different baking quality. Average values for some quality parameters and their glutenin subunits are given in Table 1. In the spring wheat collection were only varieties with A and B quality, so the differences were mostly not significant. The used spring wheat varieties have also very similar glutenin subunits. Only Saxana was better in N%, SDS test and loaf volume and Munk for gluten content. Among the winter wheat varieties, higher protein and gluten content s were determined for Hana with A quality and Samara with quality C. Sparta (C) had significantly lower protein and gluten contents.

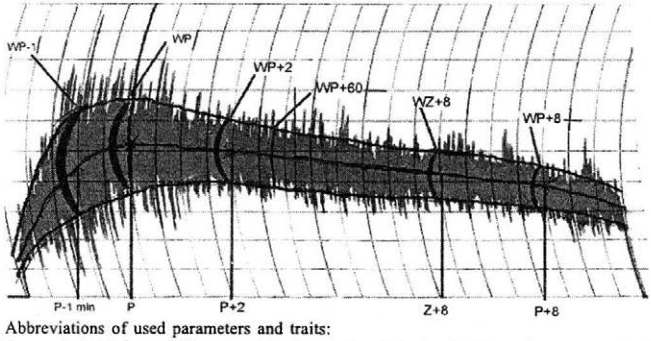


Fig. 1. Mixogram and important used parameters

Abbreviations of used parameters and traits:

P – peak height on midline (mm); PW – peak width (mm); PT – minutes to peak (mixing time); PD – distance from start to peak (mm); P-1 – midline height 1 min before peak (mm); WP-1 – width 1 min before peak (mm); P+2 – midline height 2 min. after peak (mm); WP+2 – width 2 min. after peak (mm); WP60 – width 60 mm after peak (mm); Z+8 – midline height 8 min from zero (mm); WZ+8 – width 8 min. from zero (mm); P+8 – midline height 8 min. after peak (mm); WP+8 – width 8 min. after peak (mm); MS – Mixogram softening = P – P+8 min./P (%); MI – Mixogram index MI = PD + P + (WP60 × 10) (Johansson *et al.*, 1999); MIS – Mixogram index Stupice MIS = P + PW + (WP60) * 2 + (WZ+8) * 2

SDS – SDS volume (ml); N% – protein content (%); Go – wet gluten content (%); VOL.1 – loaf volume (cm^3/100 g of bread) from Stupice experiments; VOL. 2 – loaf volume from the Official Trials (Novotný, ÚKZUZ)

Table 1. Mean quality characters in wheat varieties evaluated in 1993–1999 (Plant Breeding Station Stupice)

Variety		Protein [%]	Go [%]	SDS [ml]	Loaf volume	Glutenin composition	Quality class
Winter wheat							
Ilona	average	13.7	24.6	68.3	441.5	7+9, 5+10	E
	$s_{\bar{x}}$	0.63	0.72	6.17	23.8		
Hana	average	14.2	31.1	67.2	397.1	7+8, 5+10	A
	$s_{\bar{x}}$	0.15	1.83	4.46	15.4		
Samanta	average	13.7	31.1	69.8	411.8	7+8, 5+10	A
	$s_{\bar{x}}$	0.16	1.64	2.48	18.1		
Siria	average	13.9	28.8	60.6	421	7+9, 5+10	B
	$s_{\bar{x}}$	0.52	2.83	4.83	16.1		
SG-S1915	average	13.7	29.2	70	373.3	6+8, 5+10	B
	$s_{\bar{x}}$	0.24	2.5	3.24	6.94		
Estica	average	13.4	28.8	52.5	365.3	6+8, 2+12	C
	$s_{\bar{x}}$	0.34	1.94	5.8	16.5		
Sparta	average	13.4	20.8	42.3	369	6+8, 5+10, 1B3	C
	$s_{\bar{x}}$	0.27	0.98	1.76	3.5		
Samara	average	14	33.1	45	356.7	6+8, 2+12	C
	$s_{\bar{x}}$	0.47	3.08	5.51	15.2		
Spring wheat							
Saxana	average	13.9	25.9	72.3	440	1*, 7+9, 5+10	A
	$s_{\bar{x}}$	0.5	2.19	4.74	12.9		
Munk	average	13.5	29.1	66.3	398.5	7+9, 5+10	A
	$s_{\bar{x}}$	0.67	1.98	8.97	1.5		
Leguan	average	13.6	23.3	64.5	415.3	1*, 7+9, 5+10	B
	$s_{\bar{x}}$	0.4	1.87	5.58	9.4		
Sandra	average	13.3	23.5	66	435.3	2*, 7+9, 5+10	B
	$s_{\bar{x}}$	0.2	2.19	1.63	15.6		
Average parameters							
Average		13.73	27.42	63.57	404.9		
$s_{\bar{x}}$		0.09	0.57	1.42	4.25		
$P_{0.05}$		0.24	1.45	3.63	11.06		
Minimum		11.8	18.2	36	333		
Maximum		15.9	39	88	504		
c.v.		6.48	19.62	21.24	9.96		

c.v. = coefficient of variation (%)
$s_{\bar{x}}$ = standard error
baking quality classes: E – elite, A – high, B – good, C – nonbaking

Weak relationships of these characters to the loaf volume is confirmed also in Table 3 by correlation coefficients –0.06, 0.10 for %N and for Go 0.07 and –0.34. Protein content was significantly correlated with SDS test and gluten content. SDS test significantly distinguished all varieties without baking quality (C) and had a positive relationship to protein and gluten content and to both laboratory baking tests. Bread volumes were significatly higher for varieties with quality E, A and Siria with B quality (Table 1). The similar relationships were reported by Johansson *et al.* (1999) for protein content and Zeleny sedimentation value. Graybosch *et al.* (1996) described that environmental factors exceeded genotypic variance for protein content.

Analysed Mixogram parameters, which had been selected from different publications, are in Fig. 1. The most frequently used Mixogram parameter in the literature is peak time or midline peak time (Martinant *et al.*, 1996).

Table 2. Mixogram parameters evaluated in in Stupice in 1993–1999

Variety	PD [mm]	PT [mm]	P [mm]	PW [mm]	P+2 [mm]	PW+2 [mm]	P-1 [mm]	WP-1 [mm]	P+8 [mm]	WP+8 [mm]	Z+8 [mm]	WZ+8 [mm]	WP60 [mm]	MS [%]	MI	MIS
Winter wheat																
Ilona																
average	65	3.5	53.1	30.7	49.5	24	48.5	31.7	43.2	15.8	47.7	19.5	21.5	18.2	333.2	230.3
$s_{\bar{x}}$	6.55	0.31	2.54	2.62	3.31	0.73	2.86	2.42	1.47	0.94	1.76	1.09	0.85	2.66	13.91	8.68
Hana																
average	58.3	3.1	57	31	54.3	23.7	51.5	32	44.7	15	47.7	17.5	20.7	21.6	322.5	226
$s_{\bar{x}}$	3.13	1.53	1.51	1.15	1.36	1.33	1.59	1.13	1.76	1	1.94	0.85	1.12	2.55	11.5	8.5
Samanta																
average	54.8	3	48.6	27.8	47.8	22.2	44.6	30.8	40	13.8	43.4	17	19.2	17.6	295	206.4
$s_{\bar{x}}$	7.5	0.32	1.21	3.15	1.39	1.74	1.08	4.4	0.71	1.85	0.93	1.92	1.66	1.73	16	13
Siria																
average	46.4	2.64	50.6	27	49	19.8	44.2	28	40.2	13.2	43.4	15.2	18	20.2	277	198
$s_{\bar{x}}$	3.22	0.17	2.23	2.02	1.92	1.24	1.85	3.05	0.73	1.24	1.63	0.86	1	1.91	10.8	10.1
SG-S1915																
average	55.5	3	52	34	50.5	26.3	45.3	33	43	16.8	47	19.8	22.3	17.1	330	170
$s_{\bar{x}}$	7.47	0.41	2.52	4.02	2.25	3.17	1.93	3.89	1.83	1.03	2.41	1.93	3.17	3.36	35.2	15.1
Estica																
average	46.5	2.62	48.3	25	46	18	39.5	25	36	10.8	40.8	13	16.8	25.3	261.8	183
$s_{\bar{x}}$	7.81	0.39	2.78	3.02	1.96	2.38	4.03	2.04	2.48	1.7	1.93	2.45	2.95	3.42	32.8	25.1
Sparta																
average	61.3	3.27	39	16.7	37.7	13	36.7	17.3	33	7	34.3	9	10.3	15.1	203.7	125.3
$s_{\bar{x}}$	7.33	0.37	1.73	1.76	1.2	1.73	0.88	1.86	0.58	1	0.67	1.53	1.45	3.4	8.17	9.91
Samara																
average	34.3	1.86	4	20	42.7	14.7	38	23	21	7	31.3	9	12.3	52.1	201.7	143.7
$s_{\bar{x}}$	1.33	0.07	0.58	1	1.45	1.33	1	1.73	4	0.58	2.85	1.53	0.88	9.5	8.41	8.17
Spring wheat																
Saxana																
average	73.5	3.9	56	29.3	54	24.7	52.2	30	45.5	14.7	50	19.5	20.8	18.4	337	228.5
$s_{\bar{x}}$	7.21	0.39	3.01	0.99	2.56	1.02	3.28	1.63	1.82	0.8	1.88	0.5	0.65	1.74	8.73	5.23
Munk																
average	53.7	2.83	50	24.3	48.7	20.3	46	25.3	38.3	12.7	45.3	16	18	23.1	283.7	196.3
$s_{\bar{x}}$	2.33	0.09	2.89	1.67	2.73	1.2	2.52	1.2	5.36	2.33	20.3	1.73	2	10.7	19.7	12.2
Leguan																
average	79.7	4.2	52.7	29.8	51.5	24.8	49.2	29	45	16.2	49	21.3	22.3	14.3	354.8	236.8
$s_{\bar{x}}$	9.25	0.48	3.3	1.89	2.96	1.38	3.6	2.22	2.59	0.87	2.83	1.71	1.05	1.38	18.3	11.1
Sandra																
average	80	4.23	51	27	50.3	24.7	47.7	26.3	43.7	15	47.7	19.7	20.3	14.4	334.3	219
$s_{\bar{x}}$	15.1	0.79	1	1	1.45	0.88	0.33	1.45	0.88	1.15	0.88	20.3	0.88	1.21	15.98	6.81
Average parameters																
Average	60.4	3.25	51.1	27.8	49.3	22	46.2	28.5	40.6	13.7	44.9	17	19.2	20.8	303.4	206.8
$s_{\bar{x}}$	1.99	0.1	0.69	0.64	0.66	0.5	0.73	0.67	0.76	0.39	0.68	0.49	0.46	1.13	6.05	4.09
$P_{0.05}$	5.04	0.25	1.75	1.62	1.66	1.27	1.86	1.69	1.92	0.99	1.71	1.23	1.17	3.01	15.3	10.9
Minimum	32	1.7	36	14	35	10	28	15	13	6	28	7	8	8.3	188	107
Maximum	114	6	65	43	63	35	61	48	52	20	56	28	31	71.1	427	270
c.v.	31.4	29.2	12.9	21.8	12.6	21.7	15.1	22.2	17.7	26.9	14.3	27.2	22.9	52.3	18.9	18.9

c.v. = coefficient of variation (%)
$s_{\bar{x}}$ = standard error

Mixing time (Gras *et al.*, 1997) or time to peak (Hamer *et al.*, 1998) have the same meaning. We are using PT, peak time = minutes to peak. Johansson *et al.* (1999), used for calculation of Mixograph index the distance from the start to the peak in mm (= our PD, peak distance). Other parameters are measuring the height of midline and the width of the Mixogram curve at these points: peak, peak minus 1 minute, peak plus 2 minutes, start plus 8 minutes,

peak plus 8 minutes, width 60 mm after peak. The width of the Mixogram curve 2 minutes after peak is described as Mixograph tolerance (Graybosch *et al.*, 1999; Petersen *et al.*, 1997). The average for used Mixograph parameters are in Table 2 and correlation coeficients in Table 3. Mixograph peak time ranged from 1.7 to 6, peak distance from 32 mm to 114 mm. Both characters had relatively high variation coefficients, but without good relations to quality classes. Martinant *et al.* (1998) concluded that peak time was found to be a poor parameter to explain bread making quality as measured by loaf volume and showed less significant correlations with Mixogram parameters. In results of Hazen *et al.* (1997), 3 tested varieties had similar peak time, but different peak height. In our results PT and PD had a low relation to peak height and width (P and PW) and to the peak width 1 min. before peak (WP-1). To all other Mixograph parameters the correlation coefficients of Pt and PD were positively significant, but no relations were found to SDS, %N and loaf volume from Stupice laboratory (VOL. 1). Negative correlation was to gluten content and positive correlation to bread volume from Official Trials (VOL. 2). Mixograph softening – MS (= also dough weakening) was expressed by the difference of two values of the midline curve height at peak time and at 8 minutes of mixing time (P+8) in percent. For this character significantly worse results were determined in varieties Estica and mainly Samara with C quality and also Munk with quality A (Table 2). MS was negatively correlated with all other Mixograph paramaters and also to quality characters with exception of gluten content (Go). The correlations were very weak at the beginning of mixing time, at the end highly significant at $P_{0.01}$ (Table 3). Correlations between other eight measured Mixograph parameters were positively significant each to other and also to SDS test and loaf VOL. 2, at three midline height points also to loaf VOL. 1. In Table 2 are also values for two Mixogram indexes. MI was calculated according to Johansson, Svensson (1999) and it is the sum of three parameters: 1. distance from the start to the peak (PD), 2. the peak height in mm (P), 3. the width in mm of the curve 60 mm after peak (WP60) multiplied by 10. This index differentiates significantly the quality classes E and A versus C, sometimes versus B. Index MI was highly positively correlated to all other Mixograph parameters, to SDS value and loaf volume 2. MI had a negative correlation to MS. According to our results and analyses we suggest a new index for evaluation of Mixogram curve. We discard peak distance (PD), which did not have any good relations to baking quality and to other Mixograph parameters. Index MIS is the sum: 1. peak height in mm, 2. peak width in mm; 3. peak width 60 mm after peak in mm multiplied by 2, 4. width 8 min. from zero multiplied by 2. The curves for variety values for these characters selected for calculation of MIS are shown in Fig. 2. MIS had better differences between classes A and B (Table 2) and higher correlation coefficients to VOL. 1 and VOL. 2 and sedimentation volume. To all other Mixograph parameters MIS was significantly correlated at $P_{0.01}$. Both indexes were not correlated with protein and gluten content (Table 3). Comparison of these two Mixogram indexes in percentage in Fig. 3 demonstrates better contrasts by MIS between baking quality classes.

Importance of HMW glutenin subunits was described by many authors. Subunit composition is genetically fixed and proportion of glutenin was found to be significantly related to loaf volume and Mixograph tolerance, no relation was found to Mixograph time (Graybosch *et al.*, 1999). Johansson *et al.* (1999) reported no differences between HMW glutenin subunits 2*, 6+8, 2+12 and 2*, 7+9, 2+12. In Table 4 tested varieties are divided by glutenin subunits and Payne score (Payne, Lawrence, 1983). Sedimentation values were significantly lower in varieties with subunit 2+12 and with translocation 1B3. Loaf volumes differed significantly for subunits 6+8. Index MI was significantly differenciating varieties with Payne score 9, 7, 5 against those with score 3. MIS had the same results and was significantly differing also the groups with score 5 and 7. Between these four parameters are also high significant positive correlation when varieties are grouped according to their glutenin subunits (Table 5). The composition of glutenin was also important in predicting the Mixograph parameters in agreement with Martinant *et al.* (1998) Graybosch *et al.* (1999) reported that genes on 1RL reduced Mixograph time. Mixograph tolerance and sedimentation volumes.

Small-scale methodologies used in breeding programmes have been developed to select commercial

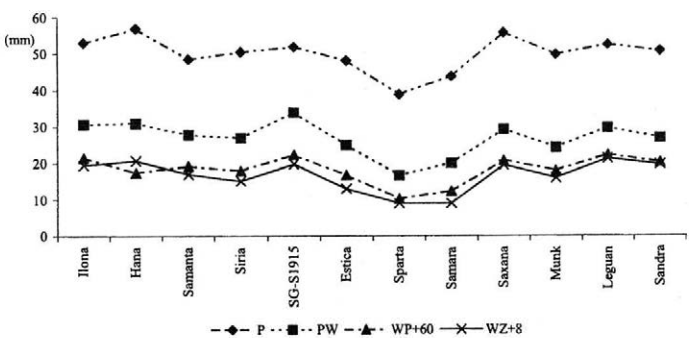


Fig. 2. Mixogram parameters combined in Mixogram index Stupice (MIS)

Table 3. Correlation coefficients (r) for the relationships between mixogram parameters and baking quality parameters and mixogram indexes (MI, MIS)

	PT	P	PW	P+2	WP+2	P-1	WP-1	P+8	WP+8	Z+8	WZ+8	WP60	PD	MS	MI	MIS	SDS	N%	Go	VOL.1
P	0.27																			
PW	0.15	0.73																		
P+2	0.32	0.96	0.73																	
WP+2	0.38	0.63	0.87	0.66																
P-1	0.52	0.91	0.61	0.90	0.62															
WP-1	0.06	0.70	0.92	0.71	0.78	0.60														
P+8	0.53	0.72	0.67	0.73	0.73	0.75	0.54													
WP+8	0.44	0.59	0.82	0.62	0.90	0.60	0.74	0.78												
Z+8	0.59	0.82	0.71	0.82	0.78	0.84	0.61	0.92	0.79											
WZ+8	0.61	0.55	0.76	0.58	0.90	0.61	0.63	0.77	0.91	0.82										
WP60	0.38	0.57	0.84	0.58	0.95	0.56	0.72	0.72	0.89	0.76	0.92									
PD	0.99	0.22	0.08	0.27	0.34	0.48	-0.01	0.50	0.39	0.56	0.56	0.34								
MS	-0.46	0.00	-0.21	-0.03	-0.39	-0.12	-0.05	-0.69	-0.50	-0.46	-0.52	-0.44	-0.47							
MI	***0.65***	***0.63***	***0.75***	***0.65***	***0.91***	***0.70***	***0.63***	***0.80***	***0.88***	***0.86***	***0.95***	***0.94***	***0.62***	***-0.49***						
MIS	***0.45***	***0.70***	***0.75***	***0.69***	***0.82***	***0.71***	***0.68***	***0.75***	***0.81***	***0.80***	***0.85***	***0.86***	***0.40***	***-0.35***	***0.87***					
SDS	0.06	0.59	0.50	0.56	0.44	0.50	0.51	0.49	0.38	0.48	0.35	0.36	0.05	-0.10	***0.36***	***0.41***				
N%	0.14	0.37	0.20	0.27	0.01	0.37	0.22	0.13	0.02	0.16	0.08	0.06	0.10	0.20	***0.12***	***0.14***	0.39			
Go	-0.31	0.26	0.03	0.20	-0.19	0.10	0.12	-0.12	-0.20	-0.06	-0.26	-0.19	-0.33	0.44	***-0.22***	***-0.14***	0.38	0.48		
VOL.1	0.07	0.24	0.12	0.25	0.16	0.19	0.09	0.36	0.14	0.29	0.16	0.15	0.09	-0.27	***0.17***	***0.31***	0.48	-0.06	0.07	
VOL. 2	0.33	0.32	0.58	0.25	0.54	0.32	0.57	0.67	0.64	0.61	0.57	0.62	0.35	-0.68	***0.58***	***0.62***	0.34	-0.10	-0.34	0.35

$N = 52$, $P_{0.05} = 0.27$, $P_{0.01} = 0.35$

For explanation of used symbols see Fig. 1

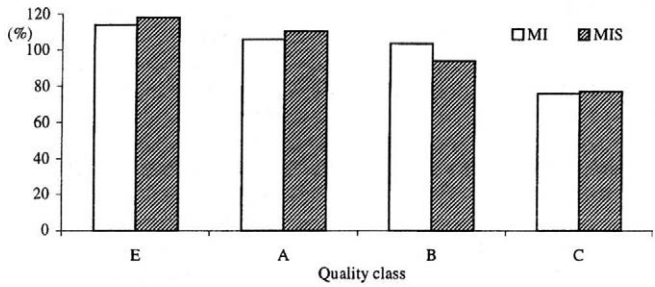


Fig. 3. Comparison of mixogram indexes (MI and MIS) according to wheat quality classes (100% = average of MI and MIS)

available cultivars with good baking quality. The most critical stages for selection are early breeding generations between F_3–F_5. For indication of dough properties and loaf volume potential Mixograph is widely used. Small amount of flour (10, 5 and 2 g, resp.) required for Mixograph tests enabled to evaluate plant progenies in early breeding generations and to collect many data in a short time. Gras *et al.* (1997) reported for Mixograph parameters medium to high heritability. Peterson *et al.* (1997) concluded that for peak time (PT), mixograph tolerance and loaf volume the range of variation due to environmental effects is larger than that found between the released cultivars. SDS volume as measured protein quality provided very good indication of baking quality. Individual Mixograph traits are not strongly related to other indirect baking quality traits. Mixograph indexes MI and MIS gave better information for quality wheat selection. MIS in our results had better correlations to SDS, bread volume and glutenin composition. Evaluation of Mixogram curve for breeding purposes is possible to simplify and measure only parameters used for MIS calculation. Significance of the results depends on the collection of analysed varieties. Johansson *et al.* (1999) reported no significant correlation between any laboratory tests and baking quality in spring wheat collection, on the other hand for winter wheat collection significant correlations were found. Similar results were in our collections of spring and winter wheat. All kind of relations might be changed with overstrong gluten or low falling number.

Table 4. Mean values of SDS, loaf volume, MI and MIS indexes according to HMW glutenin subunits

Glutenin composition	Payne score	SDS [ml]	Loaf volume	MI	MIS
1*, 7+9, 5+10	9	68	428	345	233
2*, 7+9, 5+10	9	66	435	334	219
n, 7+9, 5+10	7	65	420	298	208
n, 7+8, 5+10	7	69	405	309	216
n, 6+8, 5+10	5	70	373	330	170
n, 6+8, 2+12	3	49	361	231	164
n, 6+8, 5+10, 1B3	3	42	369	204	125
Average		61.3	398.7	293	191
$s_{\bar{x}}$		4.17	11.6	20.6	14.6
$P_{0.05}$		8.18	22.7	40.3	28.7

Table 5. Correlation coefficients for SDS, loaf volume, MI and MIS indexes between groups according to HMW glutenin subunits

	SDS	VOL. 1	MI
VOL. 1	0.65*	1	
MI	0.97**	0.72**	1
MIS	0.81**	0.88**	0.84**

*significant at $P_{0.05}$, **significant at $P_{0.01}$

It is important for breeding programme to use more quality traits within more locations, from more years for good prediction of baking quality. Mixograph analyses proved to be a powerful tool in wheat breeding .

Acknowledgements

We wish to thank F. Novotný (ÚKZUZ Brno) for advise to use his bread volume results for evaluation of correlation coefficients. Also we thank for technical assistance L. Vozábová and F. Janoušková (Plant Breeding Station Stupice).

REFERENCES

Anderssen R. S., Gras P. W., MacRichie F. (1998): The rate-independance of the mixing of wheat flour dough to peak dough development. J. Cereal Sci., *27*: 167–177.

Gras P. W., Ellison F. W., Bekes F. (1997): Quality evaluation on a micro-scale. Manhattan, Kansas, USA. In: Proc. Int. Wheat Quality Conf.: 161–174.

Graybosch R. A., Peterson C. J., Shelton D. R., Baenziger P. S. (1996): Genotypic and environmental modification of wheat flour protein composition in relation to end-use quality. Crop Sci., *36*: 296–300.

Graybosch R. A., Peterson C. J., Chung O. K. (1999): Quality effects of rye (*Secale cereale* L.) chromosome arm 1RL transferred to wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Cereal Sci., *29*: 211–216.

Hanišová A., Petr J., Hrušková M. (1995): Possibility of evaluation of bread making quality for wheat breeding by Panasonic automatic bread maker. Genet. a Šlecht., *31*: 277–284.

Hamer R. J., Hoseney R. C. (Ed.) (1998): The Keys to Cereal Quality. Inct. St. Paul, Minnesota, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.: 17–46.

Hazen S. P., Ng P. K. W., Ward R. W. (1997): Variation in grain functional quality for soft winter wheat. Crop Sci., *37*: 1086–1093.

Johansson E., Svensson G. (1999): Relationships among bread-making quality parameters in Swedish wheats. J. Genet. Breed., *53* : 93–98.

Kubánek J., Černý J. (1987): Gluteninové markery pekařské jakosti odrůd pšenice československého sortimentu. Genet. a Šlecht., *23*: 89–96.

Kubánek J., Hanišová A., Horčička P. (1999): The use of mixed samples for analyses of HMW glutenin subunits in wheat breeding. Czech J. Genet. Plant Breed., *35*: 11–16.

Martinant J. P., Nicolas Y., Bouguennec A., Popineau Y., Saulnier L., Branlard G. (1998): Relationships between mixograph parameters and indices of wheat grain quality. J. Cereal Sci., *27*: 179–189.

Moreno-Sevilla B., Baenziger P. S., Shelton D. R., Graybosch R. A., Peterson C. J. (1995): Agronomic performance and end-use quality of 1B vs. 1BL/1RS genotypes derived from winter wheat " Rawhide". Crop Sci., *35*: 1607–1612.

Payne P. I., Lawrence G. J. (1983): Catalogue of alleles for the complex loci, Glu-A1, Glu B1, and Glu D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Res. Commun., *11*: 29–35.

Peterson C. J., Sears R. G., Graybosch R. A., Shelton D. R. (1997): Breeding for Quality. Manhattan, Kansas, USA. In: Proc. Int. Wheat Quality Conf.: 175–184.

Simmonds D. H. (1989): Wheat and Wheat Quality in Australia. CSIRO Australia, William Brooks Queensland: 31–61.

Wikström K., Bohlin L. (1999): Extensional flow studies of wheat flour dough. I. Experimental method for measurements in contraction flow geometry and application to flours varying in breadmaking performance. J. Cereal Sci., *29*: 217–226.

Received March 31, 2000

Contact Address:

Ing. Alena Hanišová, SELGEN, a. s., Šlechtitelská stanice Stupice, 250 84 Sibřina, Česká republika, tel.: + 420 2 81 97 24 62, fax: + 420 2 81 97 04 65, e-mail: horcicka@selgen.cz

INHERITANCE OF SMUT RESISTANCE IN PEARL MILLET

DĚDIČNOST REZISTENCE VŮČI SNĚTI U *PENNINSETUM GLAUCUM*

H. P. Yadav, Prem Sagar, P. S. Sabharwal

Department of Plant Breeding, Haryana Agricultural University, Hisar, India

ABSTRACT: Seven generations of three crosses ICMP 904-3 × EXB 237 (R × R), ICMP 904-3 × 81B (R × S) and ICP 220 × 5141B (S × S) were grown in two artificially created high disease promoting environments to study the inheritance of resistance. Absence of susceptible plants in the resistant × resistant (R × R) cross, and of resistant plants in the susceptible × susceptible (S × S) cross in the F_1 but also in the segregating generations indicated that the parents in these crosses had the same genes for resistance/susceptibility. In the resistant × susceptible (R × S) cross the F_1 plants were found to be resistant. In F_2, plants with a disease severity ranging from 0 to 100% were observed. The significant χ^2 values in case of monogenic and digenic ratios revealed that a simple dominant or recessive mechanism did not appear to exist. Further, the Joint Scaling Test revealed a major role of fixable (additive, additive × additive) gene effects. The narrow sense heritability estimates were high. Thus, selection on an individual plant basis would be effective and rapid progress could be made for smut resistance following recurrent selection and/or through backcrosses.

Keywords: Pearl millet; smut; inheritance; heritability

ABSTRAKT: Dědičnost odolnosti vůči sněti (*Tolyposporium penicillariae* Bref.) byla studována u pokusného rostlinného materiálu sestávajícího ze sedmi generací tří typů křížení – ICMP 904-3 EXB 237 (R × R), ICMP 904-3 × 81B (R × S) a ICP 220 × 5141 B (S × S) za dvou různých úrovní infekčního tlaku choroby. Absence náchylných rostlin v křížení dvou odolných genotypů (R × R) a rezistentních rostlin v křížení dvou náchylných genotypů (S x S) nejen v F_1 generaci, ale také v segregujících generacích naznačila, že rodiče použití v křížení obsahovali stejné geny zodpovědné za rezistenci i susceptibilitu. V křížení odolných jedinců s náchylnými (R × S) byly v generaci F_1 nalezeny rezistentní rostliny. V generaci F_2 byl pozorován výskyt jedinců s různým stupněm napadení, kolísajícím od 0 do 100 %. Průkazná hodnota χ^2 v případě monogenického a digenického poměru ukázala, že jednoduchý mechanismus pro dominanci nebo recesivitu znaku pravděpodobně neexistuje. Provedený „joint scaling test" naznačuje významnou úlohu fixačního efektu genů (aditivní, aditivní × aditivní). Zjištěná dědivost je vysoká. Rychlého pokroku v rezistentním šlechtění může být dosaženo, když po výběru jednotlivých odolných rostlin bude následovat rekurentní selekce na odolnost nebo zpětné křížení.

Klíčová slova: Penninsetum; sněť; dědičnost;

INTRODUCTION

Grain smut of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] Br.), caused by *Tolyposporium penicillariae* Bref., was not considered a disease of economic importance till the 1960's. Its seriousness in India was realized in the 1970's when the F_1 hybrids released for general cultivation in India in 1965 were heavily infected. The consequent losses in grain yield due to smut epidemics have been reported to be as high as 30 to 50% (Krishnaswamy, 1962; Yadav and Kapoor, 1988).

Wide – spread cultivation of susceptible hybrids in disease – prone areas is bound to lead to outbreaks of frequent smut epidemics. Thus, the development of smut resistant genotypes is required. Knowledge of the inheritance pattern and genetics of smut resistance is a prerequisite for initiating a sound resistance breeding program, particularly when only meagre information on this aspect is available (Phookan *et al.*, 1986).

MATERIALS AND METHODS

The experimental material consisted of P_1, P_2, F_1, F_2, F_3, BC_1 and BC_2 generations of three crosses of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) namely ICMP 904-3 × EXB 237 (resistant × resistant), ICMP 904-3 × 81B (resistant × susceptible) and ICP 220 × 5141B (susceptible × susceptible). The material was grown in two environments viz., early and late sowing in artificially created high disease promoting environments following Thakur *et al.* (1983). The seven generations of each cross were grown in a compact family block design with three replications. Parents and F_1 were allotted one row of 3 m long. Each backcross and F_2 were put in two and ten rows, respectively, whereas each of the twenty F_3 families were accommodated in one row 3 m long. The rows were spaced at 45 and 15 cm between and within the rows, respectively. Data were recorded on five randomly selected plants in parents, F_1 and each of the F_3 progenies. In

backcross generations data were recorded on 16 plants and in F_2 on 60 plants. Smut severity was scored at the time of harvest on the basis of percentage florets converted into smut sori with the aid of standard diagrams (Williams *et al.*, 1976) The data in percentage were subjected to angular transformation (Fisher and Yates, 1953). First, simple Mendelian inheritance was explored by testing the ratios in the segregating generations. In the failure of simple inheritance, the joint scaling test (Cavalli, 1952) was performed using the weighted least squares and the genetic parameters were estimated.

RESULTS AND DISCUSSION

The results on mean performance in two environments of seven generations revealed that late sowing promoted a higher disease level than early sowing, based on the environmental index as well as on individual cross mean basis (Table 1). Plants in each generation of cross ICMP 904 × EXB 237 (R × R) were resistant (< 5.0% smut severity), while all plants were susceptible (> 5.0% smut severity) in cross ICP 220 × 5141B (S × S). However, in cross ICMP 904 × 81B (R × S) the F_1 was resistant, and the segregating generations were skewed towards the resistant parent.

The absence of susceptible plants in the R × R cross, and of resistant plants (barring a few which might be due to escape) in the S × S cross, not only in F_1 but also in the segregating generations, indicated absence of complementary type of gene action. Thus in the absence of pathogenic variability (Phookan *et al.*, 1986) the parents involved in these crosses possessed the same genes for resistance/susceptibility. The attempt to explain the resistance by a simple dominant or recessive mechanism was not successful, as indicated by the significant χ^2 values (5.0 to 207.2 in early sowing, 7.6 to 234.7 in late sowing) in case of monogenic (3:1) and digenic (9:7, 13:3, 15:1) Mendelian ratios. The quantitative nature of inheritance of smut resistance was thus apparent.

To test the adequacy of an additive dominance model, mean values of the seven generations of cross ICMP 904-3 × 81B (R × S) were subjected to weighted analysis (Cavalli, 1952), because in cross ICMP9004-3 × EXB 237 (R × R) and cross ICP 220 × 5141B (R × S) the mean values of all generations in each cross were statistically at par. The χ^2 value in cross R × S in early sowing (55.2) and late sowing (14.2) at 4 d.f. differed significantly from the tabulated value, thereby indicating the failure of a simple additive dominance model. This confirms the results obtained from the segregation ratios. Hence, the model was extended to six parameters. Adequacy of the model was revealed by non-significant χ^2 values. Only a fixable type of gene effects was found to be significant for the expression of smut severity. Moderate to high narrow sense of heritability estimates were ranging from 39.9 to 55.0 in all crosses. The expected genetic advance expressed as percentage of the mean was very high for

Table 1. Mean smut severity in seven generations of three crosses in two environments

Cross	Generation	Early sowing	Late sowing
ICMP 904-3 × EXB 237	P_1	7.6 ± 4.8	7.6 ± 4.8
	P_2	5.8 ± 3.9	5.8 ± 3.9
	F_1	5.8 ± 3.9	5.8 ± 3.9
	F_2	5.8 ± 8.7	6.5 ± 8.3
	F_3	5.6 ± 8.3	5.9 ± 7.5
	BC_1	5.1 ± 5.2	5.7 ± 6.4
	BC_2	5.7 ± 6.6	6.2 ± 7.5
ICMP 904-3 × 81B	P_1	5.8 ± 3.9	7.6 ± 4.5
	P_2	56.2 ± 14.2	70.3 ± 19.5
	F_1	7.6 ± 4.8	5.8 ± 3.9
	F_2	15.0 ± 27.2	16.9 ± 28.8
	F_3	16.8 ± 29.3	22.6 ± 29.1
	BC_1	5.7 ± 6.4	5.1 ± 4.5
	BC_2	24.1 ± 30.5	29.1 ± 32.9
ICP 220 × 5141 B	P_1	59.2 ± 11.6	65.9 ± 13.9
	P_2	66.8 ± 17.8	78.9 ± 17.6
	F_1	62.0 ± 14.9	69.2 ± 16.4
	F_2	62.7 ± 17.5	70.0 ± 18.9
	F_3	62.3 ± 20.6	70.0 ± 18.5
	BC_1	64.5 ± 19.2	75.4 ± 18.7
	BC_2	83.9 ± 21.7	73.4 ± 21.5

Table 2. Estimation of gene effects and χ^2 values based on a six parameter model in cross ICMP 904-3 X 81B in two environments

Component of genetic variation	Early sowing	Late sowing
m	21.1 ± 4.3	30.9 ± 4.4
d	25.0 ± 1.9	31.2 ± 2.6
h	–16.5 ± 5.2	–34.7 ± 17.3
i	9.6 ± 4.5	7.8 ± 3.8
j	–8.9 ± 8.5	–11.5 ± 9.5
l	2.9 ± 11.6	
χ^2 (1 d.f.)	0.8	0.7

crosses ICMP 904-3 X 81B and ICP 220 × 5141B; it was medium for cross ICMP 904-3 × EXB 237.

The presence of high narrow sense heritability estimates coupled with high genetic advance and a highly significant positive correlation between per se performance and responsiveness and preponderance of linear component of g × e interaction as reported by Yadav and Kapoor (1989) suggested that selection on an individual plant basis would be effective. On the basis, rapid progress could be made in the improvement of smut resistance by using procedures such as mass selection, half sib, full-sib of S_1/S_1 progeny selection.

Table 3. Estimates of heritability and genetic advance as percentage of mean for smut severity in two environments

Cross	h^2 (%) n.s.		Genetic advance (% of mean)	
	early sowing	late sowing	early sowing	late sowing
ICMP 904-3 × EXB 237	39.9	42.8	9.2	10.2
ICMP 904-3 × 81B	42.4	54.1	23.8	33.2
ICP 220 × 5141B	55.0	46.6	24.5	20.6

REFERENCES

Cavalli L. L. (1952): An analysis of linkage of quantitative inheritance. In: Rieve E. C. R., Waddingtom C. H. (Eds.): Quantitative Inheritance. H. M. S. O. London: 135–144.

Fisher R. A., Yates F. (1953): Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. Oliver & Medical Research. Oliver & Body, Edinburgh, Tweedale Court, London: 146.

Krishnaswamy N. (1962): Bajra: *Pennisetum typhoides* S. & H. I. C. A. R. Cereal Crops Series, No. 2: 1–94.

Phookan A. K., Thakur D. P., King S. B. (1986): Genetics of smut resistance in pearl millet. Millet News Letter, *5*: 6.

Thakur R. P., Suba Rao K. V., Williams R. J. (1983): Evaluation of a new field screening technique for smut resistance in pearl millet. Phytopathology, *73*: 1255–1258.

Williams R. J., Singh S. D., Thakur R. P. (1976): Rating scales and standard drawings for incidence and severity assessment of pearl millet diseases I downy mildew Ergot and smut RMP-10, ICRISAT, and Hyderabad.

Yadav H. P., Kapoor R. L. (1988): Yield losses in pearl millet due to grain smut. Millet Newsletter, *7*: 27.

Yadav H. P., Kapoor R. L. (1989): Genetics and stability of smut resistance in pearl millet. Proc. 66th Session Indian Sci. Congr. Madurai: 100–101.

Received for publication March 8, 2000

Contact Address:

Dr. P. S. Sabharwal, 41, RDS, CCS Hau Hisar -125 004, Haryana, Department of Plant Breeding, Haryana Agricultural University, Hisar, India

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Za Ing. Milošem Hanišem, CSc. – šlechtitelem pšenice

Ing. Miloš Haniš, CSc., se narodil 21. 7. 1931 v Kopidlně u Jičína. Po absolvování Vysoké školy zemědělské pracoval postupně jako asistent na Katedře rostlinné výroby na VŠZ v Praze, na Krajském šlechtitelském a semenářském podniku v Doksanech, jako zemědělský poradce v Afganistánu a jako referent pro šlechtění na generálním ředitelství bývalé Osevy.

Vzhledem k tomu, že chtěl uskutečnit své přání věnovat se přímo šlechtitelské práci odešel z ředitelství na vlastní žádost na Šlechtitelskou stanici do Stupic, kde působil jako její vedoucí v letech 1967 až 1990.

Pod jeho vedením se od roku 1974 šlechtitelská práce ve Stupicích soustředila na šlechtění pšenice ozimé a jarní a na šlechtění jarního ječmene. Rozsahy šlechtění pšenice i ječmene se zvýšily až na desetinásobek původních šlechtitelských školek a pro obě plodiny byly vytvořeny samostatné šlechtitelské týmy. Tyto rozsahy umožnilo nové mechanizační vybavení provázané změnou šlechtitelských postupů. Ve Stupicích jako na jedné z prvních stanic jezdily pokusnické stroje nové generace – první model kombajnu Hege, secí stroje Oyjord i ruční Seedmatic 6. Nárůstu školek a pokusnické technice neodpovídaly dosavadní prostory šlechtitelských provozů a skladů. Ing. Haniš věnoval velké úsilí výstavbě moderně koncipované šlechtitelské stanice s mechanizovaným šlechtitelským provozem včetně skladů. Tento model stupické stanice se později v různém stupni kopíroval i v zahraničí. Základem práce byly dobré šlechtitelské týmy, ve kterých pracovala i řada odborníků, kteří byli nuceni v rámci normalizací odejít ze svých původních pracovišť. Výsledky v podobě nově povolovaných odrůd ze Stupic se začaly dostavovat. V letech 1976 až 1998 bylo povoleno 13 odrůd ozimých a 5 odrůd jarních pšenic, na jejichž vyšlechtění se ing. Haniš podílel jako jeden z hlavních autorů.

V období svého stupického působení publikoval řadu původních prací o mutačním šlechtění a různé metodické poznatky ze šlechtění pšenice (35 prací původních a přes 40 článků odborných), kterých byl hlavním autorem nebo spoluautorem. Byl spoluautorem publikace Pšenice (Foltýn a kol., 1970) i učebnice šlechtění pro střední zemědělské školy „Šlechtění a semenářství" (Hraška a kol., 1981).

Jako předseda Šlechtitelské rady obilovin ČSSR se zasloužil o rozvoj šlechtění obilovin. V době omezených možností spolupráce se zahraničními šlechtiteli navázal Ing. Miloš Haniš, CSc., významnou spolupráci s IAEA (International Atomic Energy Agency) a centrem mezinárodního výzkumu a šlechtění obilovin a kukuřice CIMMYT v Mexiku. Ve stejné době pracoval jako hlavní koordinátor v trojstranné spolupráci ve šlechtění pšenice mezi ČSSR, NDR a Polskem.

Ing. Miloš Haniš, CSc., byl dlouholetým členem vědeckých rad VÚRV v Praze-Ruzyni a VÚO v Kroměříži a podporoval úzkou spolupráci šlechtitelů s těmito ústavy.

V období přestavby celé sítě šlechtitelských stanic i semenářských podniků po roce 1989 se zasloužil o vybudování akciové společnosti SELGEN, jejíž hlavní náplní bylo šlechtění obilovin, luskovin, řepky a jetelovin na pěti šlechtitelských stanicích a jednoho zkušebního místa v rámci České republiky. SELGEN byl a zatím zůstal nejsilnějším šlechtitelským podnikem v České republice a díky Ing. M. Hanišovi, který byl jeho ředitelem až do roku 1999, byly navázány úzké a oboustranně prospěšné kontakty s řadou zahraničních šlechtitelských firem. Po celou dobu svého působení v Selgenu se snažil, aby prioritní postavení v podniku měli šlechtitelé a staral se o jejich potřeby. Podporoval jejich další vzdělávání i studijní návštěvy zahraničních šlechtitelských firem a výzkumných ústavů. Zastřešující organizací pro české šlechtění a semenářství se stala ČMŠSA, jejímž byl zakládajícím členem, několik let předsedou šlechtitelské sekce a až do své smrti členem jejího předsednictva. Asociace ho poctila čestným členstvím in memoriam.

Ing. Miloš Haniš, CSc., nás opustil půl roku po odchodu do penze dne 16. ledna 2000.

Za redakční radu
prof. Ing. Jiří Černý, DrSc.

HODNOCENÍ REAKCE VYBRANÝCH ODRŮD PŠENICE OZIMÉ NA INFEKCI *FUSARIUM CULMORUM* V POLNÍCH PODMÍNKÁCH*

EVALUATION OF THE RESPONSE OF SELECTED WINTER WHEAT CULTIVARS TO ARTIFICIAL INFECTION WITH *FUSARIUM CULMORUM* IN FIELD CONDITIONS

V. Šíp, E. Stuchlíková

Research Institute of Crop Production, Prague-Ruzyně, Czech Republic

ABSTRACT: Response to artificial infection of ears with isolate 7710 of *Fusarium culmorum* was evaluated in 23 (1996–1999) and 35 (1998–1999) winter wheat cultivars (lines) with different degrees of resistance and origins (including cultivars registered in Czech Republic). The development of Fusarium ear blight (FEB) apparently differed in the years of testing (Fig. 1). Most favourable for the spread of the disease were the conditions of the year 1996 (Table 1). On average, patogen-caused reductions of grain number per ear, thousand grain weight and grain weight per ear were 28.6%, 50.7% and 64.9%, respectively. The analyses of variance revealed significant differences for cultivars and years. Relatively lower, but statistically significant in all traits, were cultivar × year interaction mean squares (Table 2). The ranking of genotypes in different years was similar for symptom reaction (SH) and AUDPC (area under the disease progress curve) – Table 3. SH and AUDPC were in every year significantly correlated with thousand grain weight and grain weight per ear after infection (Table 4). For these yield traits highly significant correlations ($r > 0.9$) were found between measurements in infected variant and reductions obtained from comparison with uninfected control variant, which indicates the possibility to evalute in these types of experiments the data from infected variant and lower the costs of tests. Grain number per ear was highly influenced by development of FEB infection in certain year and therefore, it is recommended to combine this trait with thousand grain weight and evaluate infected or reduced grain weight per ear. It was found that resistance/tolerance to FEB infection in certain years was influenced by differences of genotypes in flowering date (Table 8, Fig. 2 and 3). Considering the performance in this trait might increase the precision of infection tests. In spite of great differences between years, plant height did not apparently influence resistance of cultivars to FEB. Differences in the response of the examined cultivars to FEB infection are clear from Tables 5, 6 and 7. On the basis of SH and AUDPC values the highest resistance level was found in the cultivars (lines) Bizel, Arina, SG-U 466 (Bona) and SG-U-513 (SH: 0.8–1.0; AUDPC: 181–241). These materials also showed relatively high tolerance to the infection. The detection of resistance in the Czech advanced breeding lines SG-U 466 (Bona) and SG-U 513, coming from the cross Brock/Hana, is important for breeding purposes, because these materials possess many other positive breeding characters. In two year experiments the cultivars Alana and Tower could also be included in the resistant group.

Keywords: winter wheat; *Fusarium culmorum;* resistance of cultivars; indicators of resistance and tolerance

ABSTRAKT: Reakce na infekci klasů izolátem 7710 houby *Fusarium culmorum* byla hodnocena u 23 odrůd (linií) pšenice ozimé ve čtyřletých (1996–1999) a 35 odrůd ve dvouletých (1998–1999) pokusech na stanovišti Praha-Ruzyně. Byly zahrnuty odrůdy lišící se v rezistenci k infekci a v původu, přičemž hlavní pozornost byla věnována současným odrůdám registrovaným v České republice. Vývoj infekce byl v jednotlivých letech odlišný, avšak průměrná redukce hmotnosti zrna na klas byla vysoká (64,9 %). Redukce hmotnosti tisíce zrn byla v průměru 50,7% a počtu zrn na klas 28,6%. Analýzami rozptylu byly prokázány statisticky významné rozdíly v reakci odrůd i vlivy ročníku. Relativně nižší, avšak významné u všech znaků, byly průměrné čtverce pro interakce odrůdy s rokem. Nižší závislost na podmínkách různých ročníků byla zjištěna u znaků hodnotících stupeň a vývoj infekce (SH a AUDPC). Tyto znaky byly statisticky významně korelovány s redukcemi všech tří hodnocených výnosových znaků. Z výnosových znaků byl podmínkami ročníků nejvíce ovlivněn počet zrn klas. Z ukazatelů tolerance k nákaze lze upřednostnit údaje o hmotnosti tisíce zrn a hmotnosti zrn na klas po infekci. Rezistence/tolerance k nákaze byla v podmínkách některých ročníků (1996) ovlivněna rozdíly v době kvetení odrůd. Naproti tomu u hodnoceného souboru odrůd stupeň napadení nesouvisel prokazatelně s výškou rostlin. Na základě

* Práce byla uskutečněna za finanční podpory NAZV MZe a GA ČR v rámci projektů EP 7239 a 521/98/1019.

hodnot SH i AUDPC byl nejvyšší stupeň rezistence zjištěn u odrůd (linií) Bizel, Arina, SG-U 466 (Bona) a SG-U 513 (SH: 0,8–1,0; AUDPC: 181–241). Tyto materiály vykázaly také vyšší toleranci k infekci. Z nově zařazených odrůd hodnocených dva roky se ukázaly jako nejvíce rezistentní odrůdy Alana a Tower.

Klíčová slova: pšenice ozimá; *Fusarium culmorum;* napadení klasu; rezistence odrůd; indikátory rezistence a tolerance

Fuzariózy klasu, vyvolávané ve středoevropských podmínkám především druhy *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) a *Fusarium graminearum* (Schwabe), představují v celosvětovém měřítku významné pěstitelské riziko především u pšenice a ječmene. Nejzřetelnější škody způsobují na klasech a kořenech. Napadené klásky jsou světlejší, po určité době pokryté tělovorůžovým povlakem mycelia a konidií houby. Napadená zrna mohou zaschnout, klesá jejich hmotnost, klíčivost a především kvalita. V důsledku hromadění mykotoxinů působí kvalitativní změny v zrnech toxikologické problémy u lidí a zvířat. Přímé ztráty na výnosech v letech epidemií se mohou pohybovat mezi 10–25 % (Török, 1989) i více (Miedaner, Walter, 1987). Naše povolené odrůdy pšenice ozimé požadovanou odolnost k fuzariózám většinou nemají.

Vzhledem k tomu, že rezistence k fuzariozám má kvantitativní charakter, je třeba ve šlechtění na rezistenci využít různé typy a komponenty rezistence jak aktivního, tak pasivního charakteru, které popsali Mesterházy (1995), Mesterházy *et al.* (1999) a řada dalších autorů. V našich dřívějších pokusech jsme se věnovali ověřování rezistence zahraničních odrůd a výběru vhodných donorů rezistence pro naše šlechtění (Stuchlíková, Kováčiková, 1993; Stuchlíková, Šíp, 1996). Rezistence/tolerance k napadení je přesněji postižena až na základě opakovaných zkoušek a hodnocení řady ukazatelů. Pro přesnější detekci tolerantnějších genotypů je rozhodující průběh infekce v daném roce (Šíp, Stuchlíková, 1997). Vedle ukazatelů stupně napadení je třeba posuzovat vliv infekce na hmotnost 1000 zrn, počet a hmotnost zrn na klas a také na obsah mykotoxinů (deoxynivalenolu, nivalenolu, zealarelonu apod.) v zrnu.

Cílem předložené práce je charakteristika vybraných současných odrůd pšenice ozimé z hlediska odolnosti k napadení houbou *Fusarium culmorum* a posouzení různých indikátorů rezistence.

MATERIÁL A METODY

V polních infekčních pokusech byla v Praze-Ruzyni v letech 1996, 1997, 1998 a 1999 zjišťována reakce k napadení houbou *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. u 23 odrůd (novošlechtění) pšenice ozimé. Do pokusů byly zahrnuty registrované odrůdy Alka, Brea, Ina, Šárka, Sida, Mona, Boka, Rexia, Astella, Asta, Trane, Samara, Estica, novošlechtění SG-U 513, UH 4 66 (Bona), RU 51 A, novošlechtění původem z Velké Británie NIC 93-3070B, CWW 93-57, CWW 93-58, rezistentní kontrolní odrůdy Arina, Bizel, Renan a silně náchylná kontrolní odrůda But. Soubor rozšířený o 12 odrůd byl testován v letech 1998–1999. Osivo, které poskytl ÚKZÚZ, bylo vyséváno na třířádkové parcelky 1 m dlouhé ve sponu 20 × 3 cm. Jak infekční (I), tak kontrolní neinfikovaná (K) varianta měly dvě opakování.

Pro umělé infekce bylo použito inokulum *Fusarium culmorum* připravené na sterilizovaných obilkách při teplotě 20 °C (izolát 7710l získán ze ŠS Solary). Obilky byly infikovány myceliem rozrostlé houby na agarových plotnách se speciální živnou půdou. Substrát byl porostlý myceliem po 2 až 4 týdnech. Pro polní infekce byla připravována inokulační suspenze uvolněním (smýváním) konidií ze zrna do vody. Postřik byl prováděn ručním postřikovačem vodní suspenzí konidií v koncentraci 0.8 × 10^7/ml na 10 kvetoucích klasů ve fázi plného květu středních klásků a po infikování byly klasy 24 hodin zakryty igelitovými sáčky. Napadení klasů bylo hodnoceno průběžně od objevení příznaků nákazy v týdenních intervalech. Výsledné symptomatické hodnocení reakce (SH), prováděné po ukončení infekční doby (obvykle 30. den po inokulaci), vycházelo z procenta napadení klasů a intenzity symptomatické reakce. Byla použita stupnice, kterou navrhl Mesterházy (1987): 0 – rezistentní (R), 4 – náchylná (S).

Po sklizni bylo srovnáváno 10 klasů z infikovaných kytic s 10 klasy z kontrolní varianty v každém opakování. Sledovali jsme následující výnosové znaky: počet zrn na klas (PZK), hmotnost 1000 zrn (HTZ) a hmotnost zrn na klas (HZK). U každého znaku byla vypočtena procentní redukce vzhledem k neinfikované kontrole: 100 – I/K.100 (R).

Dalším měřítkem rezistence odrůdy byly hodnoty AUDPC (Shaner a Finney, 1977), což je plocha pod křivkou průběhu choroby, získaná na základě 3–5 opakovaných měření v závislosti na průběhu infekce v daném roce (obr. 1). Vypočítá se podle vzorce:

$$\sum_{n}^{i=1}\left[\left(x_{i+1}+x_i\right)/2\right]\left(t_{i+1}-t_i\right)$$

kde: x_i – procento napadení při i-tém pozorování v čase t_i (dny)
n – počet měření

Při celkovém vyhodnocování pokusu byly k dispozici u zkoušených odrůd údaje o době kvetení (počet dnů do kvetení) a výšce porostu.

Charakteristika průběhu povětrnostních podmínek pokusných ročníků je uvedena v tab. 1.

Tab. 1. Průměrné teploty a srážky v pentádách během vývoje choroby v letech 1996–1999 – Mean pentad temperature and precipitation during the period of disease development in 1996–1999

		1996		1997		1998		1999	
		[°C]	[mm]	[°C]	[mm]	[°C]	[mm]	[°C]	[mm]
Květen[1]	27–31	13,8	6,5	9,8	4,4	17,8	13,4	19,5	4,0
Červen[2]	1–5	16,4	12,0	13,7	0,3	18,7	0,6	17,6	7,2
	6–10	22,5	1,2	17,7	1,0	19,8	27,0	15,4	12,2
	11–15	15,7	9,0	17,9	7,5	12,7	26,1	14,1	7,0
	16–20	15,4	5,1	13,5	22,7	14,8	7,0	14,7	12,0
	21–25	11,6	30,6	13,6	5,4	18,5	13,0	12,8	4,0
	26–30	14,5	34,4	19,5	8,0	18,7	19,2	17,4	7,0
Červenec[3]	1–5	16,7	14,0	16,8	25,0	15,1	8,5	21,5	25,0
	6–10	13,1	42,6	16,3	11,0	13,4	11,0	17,8	54,2
	11–15	17,3	29,0	18,4	4,0	15,7	16,1	18,1	14,0
Průměr[4] [°]/úhrn [mm][5]		15,7	184,4	15,7	89,3	16,5	141,9	16,9	146,6
Datum infekce[6]		10. 6.		7. 7.		31.5.		2.6.	

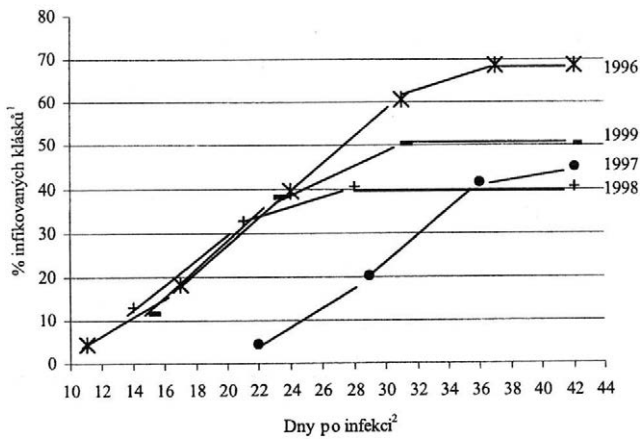
[1]May; [2]June; [3]July; [4]mean temperature (°C);[5]sum of precipitation (mm), [6]date of inoculation

VÝSLEDKY

Průběh infekce v jednotlivých ročnících a posouzení sledovaných znaků

Z obr. 1 je zřejmé, že vývoj infekce byl v jednotlivých letech zkoušení odlišný. Nejpříznivější byly podmínky roku 1996, kdy prodloužená doba infekce vedla k silnějšímu nárůstu infekce a u sledovaného souboru odrůd bylo dosaženo nejvyšší průměrné procento infikovaných klásků (v souvislosti s tím i vysoká průměrná redukce počtu a hmotnosti zrn na klas). Relativně kratší průběh měla infekce v ročnících 1998 a 1999 s raným nástupem kvetení. Podmínky roku 1997 (tab. 1) měly za následek oddálený (po infekci zpomalený) a rovněž relativně krátký vývoje infekce.

V tab. 2 je uveden přehled průměrných hodnot a výsledků analýz rozptylu u osmi hodnocených znaků. Ve všech případech se projevil vysoce statisticky významný vliv odrůdy a s výjimkou PZK-I (počet zrn na klas v infekční variantě) také vliv pokusného ročníku. Nižší, ale statisticky významné, byly průměrné čtverce pro interakce odrůdy s rokem. Z tabulky analýz rozptylu také vyplývá, že vzhledem k relativně nižší reziduální složce rozptylu bylo možné více rozdílů mezi odrůdami prokázat u znaků symptomatické hodnocení (SH) a AUDPC než u infekčních a poměrových ukazatelů sledovaných výnosových znaků. Nejméně odrůdové a ročníkové proměnlivosti bylo zjištěno u počtu zrn klas (znaků PZK-R; PZK-I) a relativně vysoká byla u těchto znaků interakční složka rozptylu. Počet zrn na klas byl ze sledovaných znaků, podobně jako v dřívějších pokusech (Stuchlíková, Šíp, 1997), nejvíce ovlivněn průběhem infekce v ročníku. Z výnosových znaků byla průměrná redukce vlivem infekce vysoká u hmotnosti zrn na klas (64,9 %) a hmotnosti 1000 zrn (50,7 %) a relativně nižší u počtu zrn na klas (28,6 %). Podobné redukce (58,0 %; 46,7 %; 25,9 %) byly zjištěny v testech probíhajících v ob-



Obr. 1. Průběh infekce houbou *Fusarium culmorum* v jednotlivých letech zkoušení – Development of infection with *Fusarium culmorum* in different year

[1]percent of infected spikelets, [2]days after infection

Tab. 2. Celkové průměry a průměrné čtverce z analýz rozptylu pro symptomatické hodnocení (SH), AUDPC a výnosové znaky zjišťované v infekční variantě (I) a v poměru ke kontrolní variantě (R) – Total means and mean squares from analyses of variance for symptom score (SH), AUDPC and yield traits examined in the infection variant (I) and in relation to uninfected, control variant (R)

Parametr[1]	df	SH	AUDPC	HZK-I	HZK-R	PZK-I	PZK-R	HTZ-I	HTZ-R
Celkový průměr[2]		2,00	521,72	0,95	64,85	38,88	28,60	24,00	50,66
Zdroj proměnlivosti[3]									
odrůda[4] (O)	22	4,838**	431582**	0,709**	1 122,2**	224,6**	658,2**	341,7**	1 406,6**
rok[5] (R)	3	5,399**	877107**	0,764**	1 685,2**	60,1	1227,7**	542,5**	2,662,7**
O × R	66	0,516**	64494**	0,204**	240,3**	112,6**	241,4**	60,0**	247,3**
Reziduální[6]	92	0,059	10900	0,034	47,3	26,6	90,5	12,2	49,8

*$P < 0,05$; ** $P < 0,01$
SH = symptomatické hodnocení (0–4; 0– bez symptomů) – symptom score (0–4; 0 – without symptoms)
AUDPC = plocha pod křivkou průběhu choroby – area under the disease progress curve
HZK = hmotnost zrna na klas (g) – grain weight per ear (g)
PZK = počet zrn na klas – grain number per ear
HTZ = hmotnost 1000 zrn (g) – thousand grain weight (g)
I = infekční varianta – infected variant
R = 100 – I/K.100 (K = kontrolní varianta – control variant)

[1]parameter, [2]total mean, [3]source of variation, [4] cultivar, [5]year, [6]residual

dobí 1992–1994 (Stuchlíková, Šíp, 1996). Miedaner a Walter (1987) uvádějí v obdobných pokusech u sledovaných odrůd pšenice průměrnou redukci 49,2 % u hmotnosti zrn na klas, 40,6 % u hmotnosti 1000 zrn a 17,3 % u počtu zrn na klas.

Závislost SH, AUDPC a redukcí tří sledovaných výnosových znaků na podmínkách ročníků dokládají korelační koeficienty (tab. 3). Korelační koeficienty mezi roky byly vždy statisticky významné u znaků hodnotících stupeň a vývoj infekce (SH a AUDPC), což svědčí o jejich nízké závislosti na podmínkách různých ročníků. Naproti tomu odlišnost ročníků 1996 a 1997 (obr. 1) se projevila nevýznamností korelací mezi těmito roky u všech tří výnosových znaků. Nejvíce byla podmínkami ročníků ovlivněna redukce počtu zrn klas, podobně jako v dřívějších pokusech (Šíp, Stuchlíková, 1997).

Korelační koeficienty mezi znaky vypovídajícími o stupni (vývoji) napadení a projevu výnosových znaků po infekci v letech 1996–1999 byly většinou statisticky významné (tab. 4), avšak nápadné jsou odchylky v hodnotách korelačních koeficientů v jednotlivých ročnících. Ve všech ročnících přesahovaly hodnotu 0,8 korelační koeficienty mezi stupněm napadení klasu (SH) a AUDPC, což ukazuje, že tyto znaky jsou do značné míry vzájemně zastupitelné. Stupeň napadení klasu souvisel významně s redukcí všech tří hodnocených výnosových znaků, avšak evidentní bylo ovlivnění těchto korelací ročníkem – v největší míře vztahu s redukcí počtu zrn na klas. S počtem zrn na klas a jeho redukcí souvisel stupeň napadení klasu nejtěsněji v roce 1996 při silnějším, dlouhodobém vývoji infekce. Výrazné ovlivnění redukce počtu zrn na klas průběhem infekce v jednotlivých ročnících bylo zjištěno i v pokusech 1992–1996 (Šíp, Stuchlíková, 1997). Proto lze z výnosových znaků upřednostnit pro hodnocení tolerance k nákaze stabilněji prokazované redukce hmotnosti 1000 zrn a hmotnosti zrn na klas. Vysoce statisticky významné (r dokonce > 0.9) byly korelace mezi infekční a redukovanou hmotností zrn na klas a infekční a redukovanou hmotností 1000 zrn. To ukazuje na možnost omezit se v obdobných typech pokusů na sledování projevu těchto výnosových znaků v infekční variantě.

Rozdíly v reakci odrůd

Rozdíly v reakci 23 odrůd (novošlechtění) na infekci houbou *Fusarium culmorum* je možné posoudit z údajů o průměrném projevu a počtu detekovaných homogen-

Tab. 3. Korelační koeficienty mezi pokusnými ročníky pro pět hodnocených znaků – Interannual correlation coefficients for five examined traits

	1996/97	1996/98	1996/99	1997/98	1997/99	1998/99
SH	0,42*	0,62**	0,72**	0,77**	0,67**	0,87**
AUDPC	0,45*	0,46**	0,59**	0,85**	0,78**	0,86**
HTZ-R	0,21	0,73**	0,57**	0,65**	0,62**	0,85**
PZK-R	0,10	–0.06	–0,07	0,76**	0,66**	0,69**
HZK-R	0,3	0,45*	0,48*	0,74**	0,63**	0,79**

*P < 0,05;** P < 0,01
Použité symboly pro znaky vysvětleny v tab. 2 – For explanation of symbols used see Table 2

Tab. 4. Korelační koeficienty mezi sledovanými znaky v jednotlivých letech (23 odrůd) – Correlation coefficients between the examined traits in four years (23 cultivars)

	1996	1997	1998	1999
SH/AUDPC	0,82**	0,91**	0,95**	0,98**
SH/HZK-R	0,91**	0,64**	0,91**	0,77**
SH/HZK-I	–0,87**	–0,50*	–0,82**	–0,79**
SH/PZK-R	0,80**	0,59*	0,53*	0,49*
SH/PZK-I	–0,63**	–0,39	–0,35	–0,43*
SH/HTZ-R	0,88**	0,57*	0,93**	0,81**
SH/HTZ-I	–0,84**	–0,49*	–0,89**	–0,80**
AUDPC/HZK-R	0,83**	0,69**	0,89**	0,79**
AUDPC/HZK-I	–0,8**	–0,56*	–0,79**	–0,82**
AUDPC/PZK-R	0,70**	0,61**	0,58*	0,50*
AUDPC/PZK-I	–0,56*	–0,48*	–0,38	–0,46*
AUDPC/HTZ-R	0,80**	0,60**	0,86**	0,83**
AUDPC/HTZ-I	–0,77**	–0,51*	–0,82**	–0,83**
HZK-R/HZK-I	–0,93**	–0,91**	–0,92**	–0,97**
HZK-R/PZK-R	0,85**	0,78**	0,75**	0,80**
HZK-R/PZK-I	–0,70**	–0,65**	–0,53*	–0,73**
HZK-R/HTZ-R	0,93**	0,91**	0,93**	0,90**
HZK-R/HTZ-I	–0,88**	–0,87**	–0,91**	–0,84**
HZK-I/PZK-R	–0,84**	–0,70**	–0,73**	–0,74**
HZK-I/PZK-I	0,81**	0,74**	0,69**	0,79**
HZK-I/HTZ-R	–0,88**	–0,84**	–0,84**	–0,90**
HZK-I/HTZ-I	0,86**	0,93**	0,91**	0,87**
PZK-R/PZK-I	–0,84**	–0,70**	–0,75**	–0,63**
PZK-R/ HTZ-R	0,68**	0,51*	0,47*	0,61**
PZK-R/HTZ-I	–0,67**	–0,57*	–0,56*	–0,67**
PZK-I/HTZ-R	–0,53*	–0,46*	–0.32	–0,63**
PZK-I/HTZ-I	0,45*	0,47*	0.36	0,51*
HTZ-R/HTZ-I	–0,95**	–0,90**	–0,93**	–0,95**

*P < 0,05; ** P < 0,01

Použité symboly pro znaky vysvětleny v tab. 2 – For explanation of symbols used see Table 2

Tab. 5. Pořadí odrůd a ročníků u znaků symptomatické hodnocení (SH) a AUDPC a jejich zařazení do homogenních skupin (Duncan $P = 95$ %) – Cultivar and year ranking for symptom score (SH) and AUDPC, and their inclusion in homogeneous groups (Duncan $P = 95$ %)

Odrůda[1]	Původ[2]	Průměr[3] SH	Homogenní skupina[4]	Průměr AUDPC	Homogenní skupina
Bizel	FRA	0,8	a	215,5	a
Arina	CHE	0,9	ab	180,7	a
Bona	CZE	1,0	ab	240,8	ab
SG-U 513	CZE	1,0	ab	197,4	a
Renan	FRA	1,1	abc	336,5	abcd
NIC 93-3070B	GBR	1,3	abc	336,1	abcd
Estica	NLD	1,4	abcd	385,1	abcde
RU 51 A	CZE	1,5	abcd	355,8	abcd
Alka	CZE	1,6	abcde	305,8	abc
Brea	CZE	1,9	bcdef	450,7	abcdef
Ina	CZE	2,0	cdefg	465,3	abcdef
Šárka	CZE	2,1	cdefg	588,3	bcdefg
CWW 93-58	GBR	2,1	cdefg	603,7	bcdefgh
Sida	CZE	2,3	defg	677,8	cdefgh
Mona	CZE	2,4	defg	539,6	abcdef
Boka	CZE	2,5	efgh	590,8	bcdefg
CWW 93-57	GBR	2,6	fgh	602,3	bcdefgh
Rexia	CZE	2,7	fgh	706,4	defgh
Astella	CZE	2,8	fgh	739,2	efgh
Asta	CZE	2,8	fgh	951,7	gh
Trane	BRD	2,9	fgh	747,3	efgh
Samara	CZE	3,0	gh	819,7	fgh
But	FRA	3,4	h	963,4	h
Rok[5] 1998		1,7	a	401,7	a
1997		1,9	ab	464,6	a
1999		2,0	ab	507,3	a
1996		2,4	b	713,3	b

[1]cultivar, [2]country of origin, [3]mean, [4]homogeneous group, [5]year

ních skupin u znaků symptomatické hodnocení (SH) a AUDPC (tab. 5) a redukcí výnosových znaků hmotnost zrn na klas, počet zrn na klas a hmotnost 1000 zrn (tab. 6) za čtyřleté období sledování. Do osmi homogenních skupin bylo možné zařadit hodnocené odrůdy podle stupně napadení klasů, posuzovaného bonitační stupnicí 0–4 (SH) a podle hodnot AUDPC. Odrůdy (novošlechtění) Bizel, Arina, SG-U-466 (Bona), SG-U-513, Renan, NIC 93-3070B, Estica, RU-51A a Alka s nižším průměrným SH se významně odlišovaly od novošlechtění CWW 93-57, odrůd Rexia, Astella, Asta, Trane, Samara a silně náchylné kontrolní odrůdy But. Na základě hodnot AUDPC bylo možné vyčlenit rezistentní odrůdy (novošlechtění) Bizel, Arina, SG-U-513 a SG-U-466 (Bona) s pomalým průběhem infekce. Odrůdy Alka, Renan, NIC 93-3070B, RU –51A a Estica lze podle tohoto ukazatele klasifikovat jako mírně rezistentní.

Celkem šest homogenních skupin bylo možné vyčlenit u redukce hmotnosti zrn klas a redukce hmotnosti 1000 zrn; pět skupin u redukce počtu zrn na klas. Tyto skupiny genotypů jsou u sledovaných výnosových znaků početné vzhledem k vyšší ročníkové variabilitě (tab. 6). Je však důležité, že relativně nižší redukce hmotnosti zrn na klas (46–57 %) byla zjištěna u 8 z 9 uvedených odrůd s nižším průměrným SH (64% redukci vykázal materiál NIC 93-3070B). Redukce hmotnosti zrn na klas byly u této skupiny významně nižší než u nšl. CWW 93–57 a odrůd Asta, But a Trane (79–84 %). Redukce počtu zrn klas byly nejnižší u novošlechtění RU 51A a odrůdy Renan (13 %) a naopak vysoké u odrůd Trane a But (45 %). Nejnižší byla redukce hmotnosti 1000 zrn u rezistentní kontroly Arina (24 %) a naopak nejvyšší u odrůdy Trane (72 %).

Tab. 6. Pořadí odrůd a ročníků u znaků redukce hmotnosti zrna na klas (HZK R), redukce počtu zrn na klas (PZK R) a redukce hmotnosti tisíce zrn (HTZ R) a jejich zařazení do homogenních skupin (Duncan $P = 95\%$) – Cultivar and year ranking for reduction of grain weight per ear (HZK R), reduction of grain number per ear (PZK R) and reduction of thousand grain weight (HTZ R), and their inclusion in homogeneous groups (Duncan $P = 95\%$)

Odrůda[1]	Průměr[2] HZK R	Homogenní skupina[3]	Průměr PZK R	Homogenní skupina	Průměr HTZ R	Homogenní skupina
SG-U 513	45,5	a	18,7	ab	32,5	ab
Bizel	48,2	a	24,5	abcd	30,5	ab
Arina	49,5	ab	29,0	abcde	23,8	a
RU 51 A	50,9	ab	13,5	a	42,8	abcd
Renan	53,7	abc	13,2	a	44,7	abcd
Alka	53,8	abc	25,2	abcde	37,4	abc
Bona	55,5	abc	22,0	abc	33,4	ab
Estica	57,1	abc	23,3	abc	47,9	bcde
Brea	58,8	abcd	20,1	ab	47,7	bcde
Ina	59,0	abcd	21,3	abc	46,7	bcde
Šárka	61,1	abcde	21,1	abc	46,8	bcde
NIC 93-3070B	64,4	abcdef	34,0	bcde	44,8	abcd
Rexia	70,1	bcdef	32,0	abcde	57,2	cdef
Astella	71,5	cdef	25,1	abcde	60,2	def
Mona	73,0	cdef	35,4	bcde	58,8	cdef
Boka	73,6	cdef	28,6	abcde	61,8	def
Sida	73,8	cdef	35,3	bcde	57,3	cdef
CWW 93 58	74,4	cdef	40,5	cde	59,5	cdef
Samara	74,6	cdef	34,6	bcde	59,4	cdef
CWW 93 57	78,7	def	38,6	bcde	64,7	def
Asta	79,2	def	32,3	abcde	67,8	ef
But	81,0	ef	45,1	e	67,4	ef
Trane	84,3	f	44,5	de	72,1	f
Rok[4] 1999	57,6	a	27,5	a	40,5	a
1998	63,6	ab	25,8	a	51,9	b
1996	66,2	ab	36,1	b	51,4	b
1997	72,0	b	25	a	58,9	b

[1]cultivar, [2]mean, [3]homogeneous group, [4]year

Rozšířený soubor 35 odrůd (novošlechtění) byl hodnocen v letech 1998 a 1999. V porovnání s rezistentními standardními odrůdami Bizel, Arina a Renan (průměrné $SH_{1998\text{-}9} = 0{,}68$) vykázaly z nově zařazených 12 odrůd nízký stupeň napadení (SH=0.9) odrůdy Alana (CZE) a Tower (NLD) a rezistenci ve stupni 1,2 a 1,45 odrůdy Ebi (GBR) a Nela (CZE) – tab. 7. Relativně velmi nízká redukce hmotnosti zrn klas (26 %), nižší než u rezistentních kontrolních odrůd, byla zjištěna u odrůdy Alana. Tyto výsledky však bude třeba ještě ověřit na základě víceletých srovnání.

DISKUSE

Výsledky polních pokusů s umělou infekcí houbou *Fusarium culmorum* za čtyřleté období dokumentují vysokou hospodářskou škodlivost tohoto patogena v závislosti na podmínkách prostředí. Silnou infekci lze zvláště u náchylných odrůd očekávat v podmínkách nižší teploty a vysoké vzdušné vlhkosti po infekci v době kvetení porostů. Řadou autorů uvádí, že z výnosových prvků bývá ve větší míře ovlivněna především hmotnost 1000 zrn, ale výrazně redukován, zvláště při prodloužené infekční době (podmínky roku 1996), bývá i počet zrn na klas, což zapříčiňuje celkové vysoké výnosové ztráty, způsobené redukcí hmotnosti zrn na klas. U náchylných odrůd redukce hmotnosti zrn na klas v infekčních pokusech dosahovala 80 i více procent, zatímco méně než poloviční ztráty byly zaznamenány u rezistentních odrůd. Význam dosažení rezistence odrůdy k fuzarióze klasu a nepochybně i k následnému hromadění mykotoxinů v zrnu je nesporný (Parry *et al.*, 1995; Miedaner, 1997; Mesterházy *et al.*, 1999).

Tab. 7. Průměrné hodnoty pěti znaků u odrůd s vyšším stupněm rezistence z dvouletého sledování (1998–99) v porovnání s náchylnými odrůdami Versailles a But a celkovými průměry – Two year (1998–99) average values of the five examined traits in the cultivars that showed a higher level of resistance in comparison with susceptible cultivars Versailles and But and total average

Odrůda	SH	AUDPC	HZKR	PZKR	HTZR
Bizel	0,60	133,94	45,04	27,81	24,82
Arina	0,70	124,14	43,41	23,22	18,85
SG-U 513	0,70	151,50	32,06	11,57	23,53
Renan	0,75	171,38	46,59	14,46	37,71
Alana	0,90	181,70	25,62	7,30	27,17
Tower	0,90	224,50	51,82	24,03	36,43
SG-U 466 (Bona)	0,95	255,67	49,19	18,06	22,16
Alka	1,00	259,39	44,73	21,25	29,61
Ebi	1,20	300,64	59,23	36,93	36,74
NIC 93-3070B	1,25	314,39	68,17	43,43	43,56
Estica	1,40	326,00	57,27	24,87	43,33
Brea	1,45	302,50	49,6	9,87	44,31
Šárka	1,45	296,39	49,77	11,63	32,77
Nela	1,45	321,60	52,74	16,78	43,13
Versailles*	3,00	757,83	85,38	54,31	68,00
But*	3,25	951,38	76,58	38,44	61,83
Průměr (n= 35)**	1,88	462,98	61,13	27,18	41,41

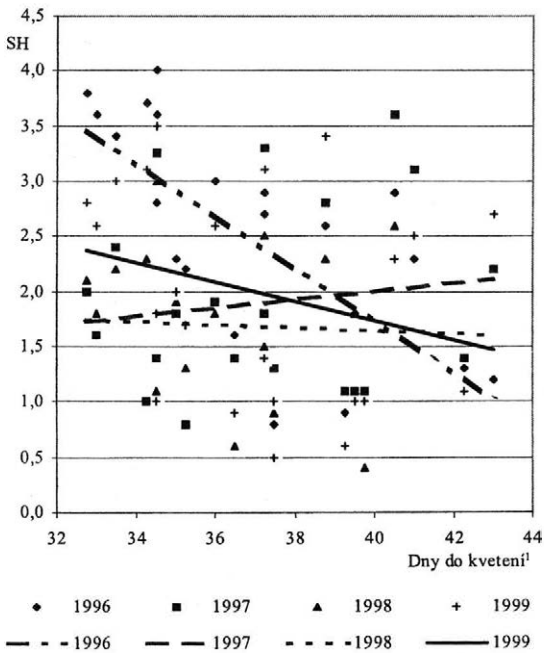
*suceptible checks, **total average (n = 35)
Použité symboly pro znaky vysvetleny v tab. 2 – For explanation of symbols used see Table 2

Tab. 8. Korelační koeficienty mezi znakem počet dnů do kvetení a ostatními sledovanými znaky v jednotlivých letech – Correlation coefficients between days to anthesis and the other examined traits in four years

	1996	1997	1998	1999
SH	–0,66**	0,02	–0,04	–0,07
AUDPC	–0,39	0,09	0,05	–0,01
HZK-R	–0,58**	0,42*	0,17	0,41
HZK-I	0,64**	–0,47*	–0,23	–0,37
PZK-R	–0,55**	0,41	0,57**	0,57**
PZK-I	0,71**	–0,41	–0,35	–0,37
HTZ-R	–0,52*	0,33	–0,06	0,33
HTZ-I	0,43*	–0,45*	–0,11	–0,37
n	23	23	23	23

*P < 0,05; **P < 0,01
Použité symboly pro znaky vysvětleny v tab. 2 – For explanation of symbols used see Table 2

Předpokladem úspěchu ve šlechtění na rezistenci k této chorobě je výběr vhodných zdrojů rezistence na základě co nejpřesnějšího stanovení úrovně rezistence v polních infekčních pokusech, ovlivňovaných povětrnostními podmínkami pokusných ročníků (interakcemi genotypů s pokusným rokem či místem – Mesterházy, 1995; Šíp, Stuchlíková, 1997). Stupeň infekce bývá mj. ovlivňován patogenitou použitých izolátů, avšak podle nejnovějších výsledků (Mesterházy *et al.*, 1999) nebyla zjištěna diference v rezistenci hostitelských rostlin po infekci houba-

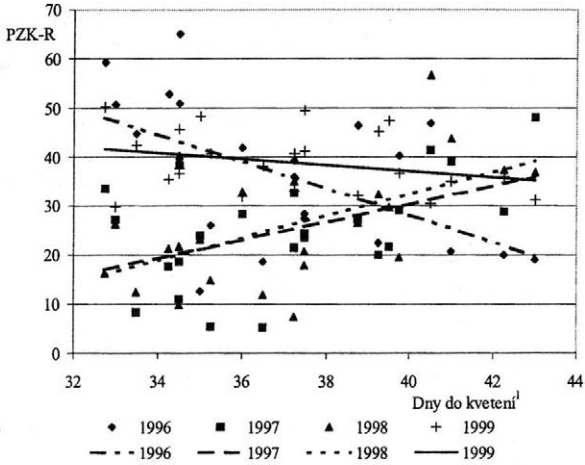


*	
Rexia	32,8
Mona	33,0
Astela	33,5
Boka	34,3
Alka	34,5
But	34,5
Šárka	34,5
Ina	35,0
RU 51 A	35,3
Sida	36,0
Renan	36,5
Brea	37,3
Samara	37,3
Bona	37,5
SG-U 513	37,5
Asta	38,8
Bizel	39,3
Estica	39,5
Arina	39,8
Trane	40,5
CWW 9357	41,0
NIC 93-3070B	42,3
CWW 9358	43,0

*dny do kvetení (průměry 1996 až 1999) – days to anthesis (average 1996–1999)

[1]days to anthesis

Obr. 2. Vztah mezi symptomatickým hodnocením infekce (SH) v jednotlivých letech a průměrným počtem dnů do kvetení u 23 testovaných odrůd – Relationship between symptom scores (SH) in different year and average days to anthesis in 23 tested cultivars



Obr. 3. Vztah mezi redukcí počtu zrn klas (PZK R) v jednotlivých letech a průměrným počtem dnů do kvetení u 23 testovaných odrůd – Relationship between the reduction of grain number per ear (PZK R) in different year and average days to anthesis in 23 tested cultivars

[1]days to anthesis

mi *F. culmorum* a *F. graminearum*, které jsou hlavními původci fuzarióz klasu také na území České republiky. Po celé období 1992–1999, ve kterém probíhalo testování rezistence odrůd pšenice k *F. culmorum* ve VÚRV Praha-Ruzyně, byl používán izolát 7710. Porovnání výsledků testů rezistence vybraných odrůd po infekci izolátem 7710 a izolátem ST (s vyšší patogenitou) na stanovištích Praha-Ruzyně, Stupice a Úhřetice po dva roky (nepublikované údaje) vedlo sice k rozdílnému průměrném stupni napadení, ale nepřineslo zásadní rozdíly v klasifikaci odrůd z hlediska jejich rezistence. Odlišná reakce na použitý izolát se projevila pouze u některých náchylnějších odrůd v některých typech prostředí. Jak uvedli Mesterházy *et al.* (1999), nejvíce rezistentní genotypy zřejmě odolávají infekci různými izoláty patogena, zatímco reakce náchylných genotypů bývá za různých podmínek epidemie nestabilní.

Ve shodě s dřívějšími výsledky (Stuchlíková, Šíp, 1996; Šíp, Stuchlíková, 1997) bylo i v pokusech probíhajících v období 1996–1999 prokázáno nižší ovlivnění podmínkami prostředí (projevující se vysoce významnými korelacemi mezi stanoveními v jednotlivých ročnících – tab. 3) při hodnocení stupně infekce ukazatelem SH, což je symptomatické hodnocení prováděné po ukončení infekční doby (obvykle 30. den po infekci). Údaje o vývoji infekce (vysoce významně korelované s SH) byly získány výpočtem hodnoty AUDPC, což je plocha pod křivkou vývoje choroby. Na základě tohoto ukazatele by měly být upřednostněny především genotypy s pomalejším rozvojem choroby, avšak jak ukazuje tab. 4, mezi SH a AUDPC nebyly zjištěny nápadné rozdíly v jejich vypovídací hodnotě a v korelacích se sledovanými výnosovými znaky.

Komplexní údaj o stupni „tolerance" odrůdy k infekci poskytuje zjišťování redukce hmotnosti zrn na klas po infekci vzhledem k neinfikované kontrole. Z praktických šlechtitelských aspektů je závažné zjištění vysoce významných korelací mezi redukcí hmotnosti zrn na klas a projevem tohoto znaku v infekční variantě (tab. 4). V infekčních pokusech zahrnujících odrůdy (novošlechtění) výrazně se nelišící v produktivitě klasu je tedy zřejmě možné zjednodušit hodnocení stupně tolerance k nákaze a vycházet z údajů získaných z infikovaných parcel. Přesnější stanovení stupně tolerance odrůdy k nákaze je nepochybně získáno až na základě víceletého zkoušení, jelikož výnosové znaky (především počet zrn na klas) bývají v těchto typech pokusů silně ovlivněny prostředím (podmínkami ročníků). Shodu mezi stanoveními v různých ročnících nelze u těchto znaků obecně předpokládat (tab. 3).

Opakovaně bylo zjištěno, že rezistence k fuzarióze klasu je kvantitativním znakem, kontrolovaným obvykle větším počtem genů (Snijders, 1990; Bai *et al.*, 1993 aj.). Stupeň rezistence může souviset též s některými morfologickými znaky, výškou rostliny, dobou kvetení a podobně. Stálou pozornost je třeba věnovat zpřesnění infekčních pokusů a brát v úvahu různé faktory ovlivňující reakci odrůdy na infekci, které popsal Mesterházy (1997). Ve vlastních pokusech mohly výsledné hodnocení reakce odrůd ovlivnit existující rozdíly v době kvetení a výšce rostliny. Přitom je třeba zdůraznit, že v pokusech bylo důsledně dbáno na to, aby infekce proběhla v době kvetení a v rámci každé parcely byly vybírány klasy ve stejné vývojové fázi. Variační rozpětí odrůd v době kvetení bylo deset dnů (obr. 2) a proto byla pozornost věnována možnému ovlivnění hodnocených ukazatelů rezistence/tolerance tímto znakem. Korelační analýza ukázala (tab. 8), že v podmínkách roku 1996 později kvetoucí genotypy vykazovaly relativně nižší stupeň napadení i redukce všech sledovaných výnosových znaků, zatímco v ostatních ročnících nebyla rezistence ani tolerance odrůd dobou kvetení takto ovlivněna. Naopak opačný trend se projevil u redukce počtu zrn na klas v podmínkách ročníků 1998 a 1999. Závislost SH a redukce počtu zrn na klas na době kvetení je znázorněna na obr. 2 a 3. Uniformitu v době kvetení různých srovnávaných odrůd nelze předpokládat. Pokusy ukázaly, že pro zpřesnění výsledků infekčních testů je zřejmě důležitá i analýza vztahu mezi dobou kvetení a stupněm napadení.

Obdobně byly analyzovány také vztahy sledovaných znaků s výškou rostliny, neboť nižší stupeň napadení fuzariózou klasu může souviset s větší délkou rostliny (Mesterházy, 1995; Hilton *et al.*, 1999). U souboru odrůd hodnoceného v období 1996–1999 se však ovlivnění stupně napadení (SH) výškou rostliny nepodařilo prokázat ($r = -0,08$), i když existovaly výrazné rozdíly v průměrné výšce porostů v jednotlivých letech (1996 = 82 cm; 1997 = 93 cm; 1998 = 68 cm; 1999 = 92 cm). Nejvyšší stupeň napadení byl zaznamenán v roce 1996 (SH = 2,4), který byl významně odlišný od nízkého stupně v roce 1998 (SH = 1,7; tab. 5), kdy byla výška rostlin nejnižší. Výška rostlin v daném roce nebyla zřejmě rozhodující pro stupeň napadení, který byla evidentně ovlivněn především průběhem infekce – pomalým za příznivých podmínek v roce 1996 a naopak rychlým (krátkým) v roce 1998. Negativní souvislost výšky rostlin se stupněm napadení byla zaznamenána u souborů odrůd hodnocených v předchozích letech (1993–1995) ($r = -0,40$; $P < 0,01$). V podmínkách roku 1993 byl zjištěn negativní koeficient regrese SH na průměrnou výšku rostlin, významně odlišný od nuly ($b = -0,041$; $P = 0,032$). U odrůd hodnocených v období 1996-1999 byla studována rovněž možnost ovlivnění stupně napadení přítomností genů zakrslosti z odrůdy Norin 10 (*Rht 1* či *Rht 2*). U skupiny 9 odrůd necitlivých na aplikovaný giberelin (přítomnost genů *Rht 1* či *Rht 2*) bylo průměrné SH vyšší (2,28) než u 18 odrůd citlivých na aplikaci giberelinu (1,94). Významnost rozdílu mezi těmito skupinami se však nepodařilo prokázat. V pokusech, které dělali Hilton *et al.* (1999), byl efekt přítomnosti genů *Rht1* a *Rht 2* na zvýšení stupně napadení fuzariózou klasu prokázán pouze u blízce izogenních „Rht" linií z odrůdy Maris Huntsman, nikoliv jednoznačně u linií z odrůdy Maris Widgeon. Na základě provedených analýz lze vyslovit souhlas se závěry posledně jmenovaných autorů, že zřejmě odlišné, nezávislé geny kontrolují výšku rostlin a stupeň napadení fuzariózami klasu, což umožňuje výběr rezistentního materiálu s rozdílnou délkou rostliny.

Ve šlechtění na rezistenci pšenice k fuzarióze klasu byly využívány jarní odrůdy Sumey-3 nebo Nobeoka Bozu s vysokou úrovní rezistence. Oligogenní založení rezistence např. u odrůdy Sumey-3 (Mesterházy, 1997) může usnadňovat selekci rezistentních forem v porovnání s polygenním založením rezistence. Šlechtitelský proces s využitím těchto odrůd geneticky značně odlišných od současného povoleného sortimentu odrůd je však bez pochyb dlouhodobý a klade velké nároky na opakované testování materiálu na rezistenci. Je proto závažné, že vysoká variabilita v rezistenci byla zjištěna i mezi současnými odrůdami pšenice ozimé lépe adaptovanými pro podmínky Evropy (Snijders, 1990; Buerstmayr *et al.*, 1996; Ittu *et al.*, 1996; Stuchlíková, Šíp, 1996; Mesterházy *et al.*, 1999) a byly nalezeny odrůdy s vyšším stupněm rezistence, jako např. zde hodnocené odrůdy Arina, Bizel a Renan či Ringó Star, Kooperatorka a podobně. Pro potřeby českého šlechtění pšenice je zvláště cenné zjištění, že vyšší stupeň rezistence vykázaly opakovaně (nyní již v pětiletých pokusech) novošlechtění pšenice ozimé SG-U 466 (Bona) a SG-U 513, což jsou krátkostébelné vysoce výnosné linie rezistentní ke rzím (kromě rzi travní), padlí travnímu a *Septoria nodorum* a s dobrou zimovzdorností. Zvláště linie SG-U 513 se vyznačovala vysokou tolerancí k nákaze (v pokusech 1996–1999 vykázala dokonce z hodnoceného souboru odrůd nejnižší redukci hmotnosti zrn na klas). Obě odrůdy pocházejí z křížení Brock ×Zdar. Tyto zdroje jsou využívány v současných programech šlechtění pšenice ozimé; výsledky však bude možné posoudit později. Dosavadní hodnocení kontaminace zrna mykotoxiny (Papoušková *et al.*, 1999) ukázalo spojitost rezistence odrůd Arina a SG-U 466 s nízkým obsahem deoxynivalenolu (DON). S využitím vhodných zdrojů rezistentních fuzarióze zřejmě lze počítat s nižší kontaminací mykotoxinem DON (Mesterházy, 1997), přesto však rezistence k hromadění mykotoxinů vyžaduje vzhledem k ovlivnění řadou faktorů oddělené posuzování.

REFERENCES

Bai G. H., Scharen G., Ohm H. (1993): Inheritance of resistance to *Fusarium graminearum* in eight wheat cultivars. Phytopathology, *83*: 1414.

Buerstmayr H., Lemmens M., Grausgruber H., Ruckenbauer P. (1996): Scab resistance of international wheat germplasm. Cereal Res. Commun., *24*: 195-202.

Ittu M., Saulescu N. N., Ittu Gh. (1996): Strategy for improving Fusarium head blight resistance of wheat in Romania. Abstr. 5th Int. Wheat Conf., 1996, June 10–14, Ankara, Turkey: 132.

Hilton A. J., Jenkinson P., Hollins T. W., Parry D. W. (1999): Relationship between cultivar height and severity of Fusarium ear blight in wheat. Plant Pathol., *48*: 202–208.

Mesterházy A. (1987): Selection of head blight resistant wheats through improved seedling resistance. Plant Breed., *98*: 25–36.

Mesterházy A. (1995): Types and components of resistance to Fusarium head blight of wheat. Plant Breed., *114*: 377–386.

Mesterházy A. (1997): Methodology of resistance testing and breeding against Fusarium head blight in wheat and results of the selection. Cereal Res. Commun., *25*: 631–637.

Mesterházy A., Bartók T., Sági F. (1994): New results in selecting scab resistant wheats and their impact on toxin contamination. Genet. Polon., *35/B*: 47-62.

Mesterházy A., Bartók T., Mirocha C. G., Komoróczy R. (1999): Nature of wheat resistance to Fusarium head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. Plant Breed., *118*: 97–110.

Miedaner T. (1997): Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. Plant Breed., *116*: 201–220.

Miedaner T., Walther H. (1987): Ermittlung der *Fusarium*-Resistenz von Weizen im Ährenstadium. Z. Pfl.-Krankh. u. Pfl.-Schutz, *94*: 337–347.

Papoušková L., Stuchlíková E., Sýkorová S., Šíp V., Radová Z., Hajšlová J. (1999): Vliv inokulace houbou *Fusarium*

culmorum na obsah mykotoxinů v zrnu vybraných odrůd pšenice. In: Sbor. Konf. Rostlinolékařství, Brno: 79–83.

Parry D. W., Jenkinson P., McLeod L. (1995): Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – A review. Plant Pathol., *44*: 207–238.

Shaner G., Finney R. E. (1977): The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology, *67*: 1051–1056.

Snijders C. H. A. (1990): Genetic variation for resistance to Fusarium head blight in bread wheat. Euphytica, *50*: 171–179.

Stuchlíková E., Kováčiková E. (1993): Šlechtění pšenice k fuzariózám. Genet. a Šlecht., *29*: 138–160.

Stuchlíková E., Šíp V. (1996): Rezistence českých a slovenských odrůd pšenice ozimé k fuzarióze klasu. Genet. a Šlecht., *32*: 79–94.

Stuchlíková E., Šíp V. (1997): Detection of resistance to Fusarium head blight in winter wheat varieties. Cereal Res. Commun., *25*: 817–818.

Šíp V., Stuchlíková E. (1997): Evaluation of the response of winter wheat varieties to artificial infection with *Fusarium culmorum* in field conditions. Cereal Res. Commun., *25*: 977–983.

Török E. (1989): Doterajšie skúsenosti testovania ozimnej pšenice na odoľnost proti fuzariózam klasov na ŠS Solary. In: Sbor. Šlechtění pšenice na odolnost proti chorobám. ŠS Stupice: 99–108.

Došlo 29. 3. 2000

Kontaktní adresa:

Ing. Václav Šíp, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: + 420 2 33 02 23 65, fax: + 420 2 33 02 22 86, e-mail: sip@hb.vurv.cz

VYUŽITELNOST JIHOAMERICKÝCH ZDROJŮ POLNÍ REZISTENCE K *PHYTOPHTHORA INFESTANS* VE ŠLECHTĚNÍ BRAMBOR V ČESKÉ REPUBLICE*

POSSIBILITY OF USE OF SOUTH AMERICAN SOURCES OF FIELD RESISTANCE TO *PHYTOPHTHORA INFESTANS* IN POTATO BREEDING IN THE CZECH REPUBLIC

P. Petr, J. Pavlas

Potato Research Institute Havlíčkův Brod, Ltd., Havlíčkův Brod, Czech Republic

ABSTRACT: During 1996–1998 suitability was evaluated of South American potato genotypes for breeding utilization under conditions of the Czech Republic directed to obtaining clones expressing a high level of field resistance to *Phytophthora infestans*. Breeding stock was obtained in the form of true seeds in 1998 based on an agreement of project solution "International Collaboration to Develop Horizontal Resistance to Late Blight in Potato Free of *R* Genes and Adapted to Long Days", between International Potato Centre CIP and Potato Research Institute Havlíčkův Brod. Genetic material originates from crosses, which have already been tested in localities with the highest infection pressure (Rio Negro in Columbia and Toluca in Mexico), and 300 resistant clones were obtained (Landeo, 1987). In total 3050 true seeds of different crosses at a tetraploid level were received and sown from a collaborative workplace (J. A. Landeo, CIP, Lima, Peru) – Table 1. Before sowing, sampling was carried out in each combination for testing for quarantine diseases PSTVd (*Potato spindle tuber viroid*), APLV (*Andean potato latent virus*) and APMV (*Andean potato mottle virus*). Their occurrence was not detected. In introduced seed stock germination capacity of individual crosses was observed, tuberization was evaluated in emerged seedlings and the most suitable materials were selected for planting in field conditions in the first tuber generation (Table 2). Field resistance to late blight was evaluated in a plot not treated with fungicides in 1998. The plot was established without replications; each line of the tested clone (5 hills) was also planted with susceptible Lukava variety as a "spreader" to provide an optimum and stable infection pressure during whole growing period. Five control varieties Impala, Agria, Karin, Krumlov and Zlata with different length of growing period were also included in the field test. Determination of percentage leaf area infection was carried out in 3–4 day intervals from the first occurrence of foliage late blight (July 3, 1998) to vegetation end (August 18, 1998). A nine-point scale was used, on which 9 is high level of field resistance and 1 is susceptibility to foliage late blight infection. As a decisive date for determination of the level of field resistance to foliage late blight in evaluated clones was defined August 7, when the highest infection pressure terminated and largest differences between clones occurred. Fig. 1 presents distribution of individual resistance levels. ADPC values (Fry, 1978) were measured as another criterion for resistance of individual crosses or individual clones: it is Area under the Disease Progress Curve (ADPC) obtained by repeated measurements. Totally, 387 hybrids and 5 control varieties were evaluated. Taking into account the fact that the vegetation period 1998 was very suitable for infection and spreading of late blight pathogen (Fig. 2), we can presuppose that clones were objectively grouped in individual resistance levels. Clones with 9 and 8 and with the lowest ADPC value were considered as promising ones usable in further breeding work directed to resistance to *Phytophthora infestans*. Differences were observed between individual crosses, the highest level of field resistance to late blight was achieved in crosses 96.76 (387415.7 × 389746.2), from which 23 resistant clones were obtained showing points 9 and 8 in leaf area infection, and which indicated low ADPC values in 16 clones. Totally, 30 promising clones suitable for further utilization as original breeding stocks were selected (Table 3). These clones originate from 8 different crosses. It is evident from Fig. 3 that the slowest disease progress was in crosses 96.76 (39 32 14) and the most rapid was in crosses 96.85 (39 26 18), control varieties Karin, Impala and "spreader" Lukava. Obtained data show similar results like those reported by Colon *et al.* in 1995, when they found Libertas variety to express a high level of field resistance to late blight. Among the 30 most promising clones there are four materials originating from this variety. The lowest ADPC values (35.50) in our test were shown by clone 96.78/23 and hybrids 96.78/25, 96.78/24 and 96.78/21, with parentage 386209.10 × Libertas. The result of Colon *et al.* (1995) about resistance of Pimpernell variety was not proved because crosses 96.88 (39 34 62) originating from this variety expressed as susceptible to late blight. It was found that genetic material obtained from short-day conditions of South

* Problematika byla řešena v rámci projektu financovaného Národní agenturou pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství (projekt č. EP 0960996565).

America was well adapted to long-day conditions of the Czech Republic, but it has a longer vegetation period and is susceptible to virus disease infection.

Keywords: potato; breeding; resistance; late blight

ABSTRAKT: Během období 1996–1998 byla posuzována vhodnost jihoamerických genotypů brambor pro šlechtitelské využití v podmínkách České republiky zaměřené na získání klonů vykazujících vysokou úroveň polní rezistence vůči *Phytophthora infestans*. Celkem bylo od spolupracujícího pracoviště CIP (J. A. Landeo, Lima, Peru) získáno a vyseto 3 050 semen od 14 různých kombinací křížení na tetraploidní úrovni (tab. 1). Hodnocení úrovně polní rezistence k plísni bramborové v nati probíhalo na parcele neošetřené fungicidy, za použití náchylné odrůdy Lukava jako „spreader". Byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými zkoušenými kombinacemi křížení, při čemž bylo dosaženo nejvyšší hladiny polní odolnosti k plísni bramborové u kombinace křížení 96.76 (387415.7 × 389746.2), z níž bylo získáno 23 odolných klonů vykazujících bonitační stupeň 9 a 8 v napadení listové plochy plísní a která vykázala u 16 klonů nízké hodnoty ADPC. Bylo vyselektováno celkem 30 perspektivních klonů vhodných pro další využití jako výchozí šlechtitelský materiál (tab. 3). Tyto klony pocházejí z osmi různých kombinací křížení. Genetický materiál získaný z krátkodenní oblasti Jižní Ameriky se dobře přizpůsobil podmínkám dlouhého dne ČR, má však delší vegetační dobu a je náchylný k napadení virovými chorobami.

Klíčová slova: brambory; šlechtění; rezistence; plíseň bramborová

ÚVOD

Šlechtění na odolnost k plísni bramborové nabývá stále více na významu vzhledem k tomu, že se v Evropě objevila nová silně patogenní populace *Phytophthora infestans*, a rovněž z důvodu nezbytného omezování aplikace pesticidů.

Cílem je kombinovat horizontální rezistenci k plísni bramborové v nati s cennými znaky hlíz (Rousselle *et al.*, 1992). Jak uvádějí Swiezynski *et al.* (1994), daří se kombinovat rezistenci k plísni bramborové s jinými požadovanými vlastnostmi a existuje možnost výrazně zvýšit odolnost k plísni při použití nových šlechtitelských metod.

V současné době se uplatňují a realizují principy integrované ochrany proti plísni bramborové, z nichž mají rozhodující roli genetická (biologická) a agrotechnická opatření, na něž navazují chemické způsoby ochrany. Nejdůležitějším krokem v boji proti plísni bramborové je přijetí takových fytosanitárních opatření, která by redukovala nebo eliminovala zdroje inokula, tzn. především pěstování rezistentních odrůd (Mackay, 1996). Novou strategií v ochraně proti plísni bramborové, založenou na rezistenci odrůd a nazvanou RETONA (REturn TO NAture), popsali Niederhauser *et al.* (1996).

Výzkum se zaměřuje na využití druhu *Solanum* ve šlechtění odrůd odolných proti *Phytophthora infestans*. Mezinárodním trendem je hledání klonů s vysokou rezistencí k plísni v nati a s dalšími dobrými charakteristikami (Darsow, 1991).

Zjistilo se, že *Solanum demissum, Solanum iopetalum, Solanum brachycarpum, Solanum verrucosum* a *Solanum stoloniferum* má komplexní specifickou odolnost a vysokou hladinu obecné odolnosti vůči *Phytophthora infestans*. Tyto druhy jsou využívány jako nové genetické zdroje rezistence a je sledován způsob transferu do *Solanum tuberosum* (Rivera-Pena, 1992). Dále mohou být jako zdroje odolnosti využívány *Solanum andigena, S. andreanum, S. berthaultii, S. bulbocastanum, S. brachistotrichum, S. cardiophylum, S. demissum, S. fendleri, Solanum guerreroense, S. hjertingii, S. microdontum, Solanum phureja, S. polyadenium, S. pinnatisectum, S. toralapanum* a *S. trifidum* (Bamberg *et al.*, 1994).

Také z křížení s mexickými planými druhy byly získány hybridy s velmi vysokou úrovní rezistence (Darsow, 1992).

Vyšší stupeň odolnosti však bývá spojen s delší vegetační dobou. Analýza citlivosti odrůd ukazuje, že pozdní odrůdy jsou schopny udržet déle zelený porost při napadení chorobou, nicméně mají větší výnosové ztráty než rané odrůdy.

Vztah mezi rezistencí k plísni bramborové v nati a hlízách studoval Stewart (1994). Zjistil, že nejefektivnějším způsobem výběru na rezistenci k oběma typům choroby ve šlechtitelském programu je selekce na odolnost v nati a následná selekce na odolnost v hlízách.

Cílem řešení problematiky rezistence k plísni bramborové je získání jedinců s nespecifickou (horizontální) rezistencí, která je založena polygenně a je řízena minor geny. Klony pak vykazují odolnosti k různým rasám patogena a jejich životaschopnost není tak těsně závislá na změně rasového spektra (Darsow, 1992).

Colon *et al.* (1995) hodnotili v polních podmínkách 22 odrůd bez *R*-genů na hladinu rezistence k plísni a došli k závěru, že nejvíce rezistentní byly odrůdy Robijn, Populair, Pimpernel, Libertas a Surprise, které byly zároveň materiálem s nejpozdnější zralostí. Tyto odrůdy pravděpodobně mají stejné geny rezistence.

Jak uvádějí Sieczka *et al.* (1992), byly při vývoji rodičovských linií pro šlechtění brambor rezistentních vůči *Phytophthora infestans* získány rezistentní genotypy různého původu, u kterých bylo zjištěno, že odolnost některých genotypů, pokládaná za obecnou, je do značné míry specifická.

Hlavním cílem práce bylo otestovat dovezený šlechtitelský materiál z Jižní Ameriky (CIP, Lima, Peru) na polní rezistenci k plísni bramborové (*Phytophthora infestans*) a posoudit jeho využitelnost v šlechtitelských programech České republiky.

MATERIÁL A METODY

Šlechtitelský materiál byl získán v semenné formě v roce 1996 na základě smlouvy o řešení projektu International Collaboration to Develop Horizontal Resistance to Late Blight in Potato Free of *R* Genes and Adapted to Long Days, uzavřené mezi mezinárodním střediskem pro brambory CIP a VÚB v Havlíčkově Brodě.

Genetický materiál pochází z kombinací křížení, které byly již testovány v lokalitách s nejvyšším infekčním tlakem (Rio Negro v Kolumbii a Toluca v Mexiku) a bylo získáno 300 rezistentních klonů (Landeo, 1987).

Celkem bylo vyseto 3 050 semen od 14 různých kombinací křížení na tetraploidní úrovni (tab. 1), u kterých je předpoklad vyšší úrovně polní rezistence vůči plísni bramborové (*Phytophthora infestans*).

Před vlastním výsevem byly odebrány vzorky od každé kombinace na otestování na karanténní choroby PSTVd (*Potato spindle tuber viroid*), APLV (*Andean potato latent virus*) a APMV (*Andean potato mottle virus*). Jejich přítomnost nebyla prokázána.

Za dodržení přísné izolace byla semena začátkem dubna 1996 vyseta do skleníkových podmínek a po vzejití bylo stanoveno procento jejich klíčivosti. Semenáčky byly následně ve skleníkových podmínkách přepikýrovány do hrnků 10 × 10 cm. Sklizeň proběhla ve druhé polovině září. Po posklizňových rozborech byla vybrána sadba pro rok 1997 do polních podmínek ve stupni ramš. Rozbory byly zaměřeny především na selekci materiálu s ohledem na počet vytvořených hlíz, jejich velikost a kvalitní morfologické znaky.

Tab. 1. Kombinace křížení zařazené do hodnocení – Crosses included in the evaluation

Označení VÚB[1]	Označení CIP[2]	Původ[3]
96.76	39 32 14	387415.7 × 389746.2
96.77	39 34 57	Désirée × 387334.5
96.78	39 31 11	386209.10 × Libertas
96.79	39 34 52	Aracy × 387334.5
96.80	39 26 34	387136.14 × 387170.9
96.81	39 33 05	387132.2 × Kathadin
96.82	39 34 64	Serrana × 381400.22
96.83	39 10 61	387312.2 × 387338.3
96.84	39 31 80	387415.32 × 390357.4
96.85	39 26 18	387002.11 × 387434.5
96.86	39 21 46	387315.27 × XY-20
96.87	39 31 97	387415.47 × XY-16
96.88	39 34 62	Pimpernell × 387334.5
96.89	39 34 68	Ultimus × 387170.9

[1]code of Potato Research Institute, [2]code CIP, [3]origin (Source)

Na jaře roku 1997 byla provedena výsadba ramšů do polních podmínek, kde byl materiál sledován během vegetace, a nevhodné typy byly z dalšího hodnocení vylučovány. Jednalo se o negativní výběry materiálu neschopného života v důsledku napadení zejména virovými chorobami. Také při sklizni docházelo k vyloučení některých trsů z důvodu nevhodné morfologie hlíz, hloubky oček atd. Z genotypů, které se ukázaly jako vhodné pro další vedení v sortimentu a přizpůsobily se našim podmínkám, byla po sklizni při rozborech odebrána sadba pro rok 1998.

Na parcelce neošetřené fungicidy byl během vegetace v roce 1998 sledován výskyt plísně bramborové v nati. Parcelka byla založena bez opakování, každý řádek zkoušeného klonu (5 trsů) byl prosázen zdrojem infekce – náchylnou odrůdou Lukava („spreader") pro zajištění optimálního a stálého infekčního tlaku během celé vegetace. Do polního testu bylo zařazeno také pět kontrolních odrůd s různou délkou vegetační doby – Impala, Agria, Karin, Krumlov a Zlata. Napadení listové plochy plísní bramborovou bylo hodnoceno v procentech a bylo prováděno v tří- až čtyřdenních intervalech od prvního výskytu plísně v nati (3. 7. 1998) až do konce vegetace (18. 8. 1998). Byla použita devítibodová bonitační stupnice (9 – vysoká úroveň polní odolnosti a 1 – náchylnost k napadení plísní bramborovou v nati). Jako rozhodující pro určení úrovně polní rezistence k plísni bramborové v nati byl u zkoušených klonů stanoven termín hodnocení 7. srpen, kdy byl ukončen nejsilnější infekční tlak a byly největší rozdíly mezi klony. Rozložení genotypů podle jednotlivých bonitačních stupňů v tomto termínu je uvedeno na obr. 1. Dalším měřítkem rezistence jednotlivých kombinací křížení, resp. jednotlivých klonů byly zjišťované hodnoty ADPC (Fry, 1978), což je plocha pod křivkou průběhu choroby získaná na základě opakovaných měření. K výpočtu byl použit vzorec:

$$\sum_{i=1}^{n}\left[\left(x_{i+1}+x_i\right)/2\right].\left(t_{i+1}-t_i\right)$$

kde: x_i – procento napadení listové plochy při i-tém pozorování v čase t_i (dny)
n – počet měření

VÝSLEDKY A DISKUSE

U introdukovaného semenného materiálu byla sledována klíčivost jednotlivých získaných kombinací křížení. Bylo vyseto vždy 250, resp. 200 semen od kombinace křížení. Klíčivost semen byla rozdílná, přičemž nejvyšší úroveň vykázala kombinace křížení 96.87 (39 31 97) 96,5 % a nejnižší pak kombinace křížení 96.78 (39 31 11) 49,5 % (tab. 2).

U vzešlých semenáčů byla hodnocena tvorba hlíz. Bylo zjištěno, že 1 842 semenáčků tvořilo hlízy a byl sledován jejich počet pod jedním trsem. Nejúspěšnější byla kom-

Stupeň rezistence 9 — 42 klonů = 11 %
Stupeň rezistence 8 — 42 klonů = 11%
Stupeň rezistence 7 — 59 klonů = 15 %
Stupeň rezistence 6 — 34 klonů = 9 %
Stupeň rezistence 5 — 28 klonů = 7 %
Stupeň rezistence 4 — 20 klonů = 5 %
Stupeň rezistence 3 — 22 klonů = 6 %
Stupeň rezistence 2 — 26 klonů = 7 %
Stupeň rezistence 1 — 114 klonů = 29 %

Obr. 1. Rozložení stupňů polní rezistence k *Phytophthora infestans* 9–1 (9 = nejvyšší rezistence) k 7. 8. 1998 – Distribution of 9–1 scale points (9 = with highest resistance) of field resistance to *Phytophthora infestans* (7th August 1998)

binace křížení 96.77 (39 34 57), u které tvořilo hlízy 94,1 % semenáčů, a nejméně úspěšná kombinace 96.86 (39 21 46), u které vytvořilo hlízy pouze 29,8 % semenáčů.

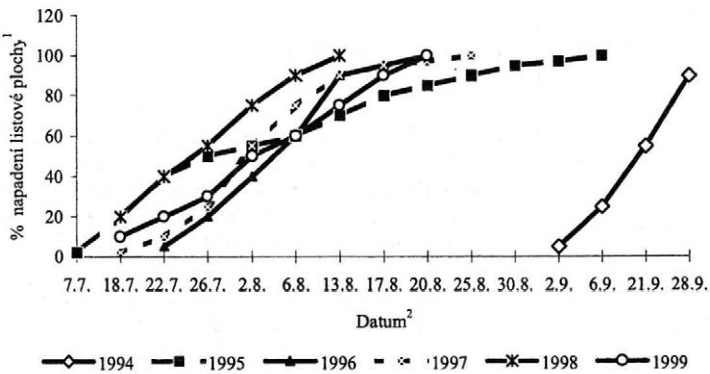
Semenáče, které vytvářely hlízy, byly podrobeny posklizňovým rozborům, při kterých byly vybírány nejvhodnější materiály pro výsadbu do polních podmínek ve stupni ramš. Hlízy, které nesplňovaly zejména kvalitativní ukazatele požadované pro klony vhodné k dalšímu využití (morfologické znaky, velikost hlíz atd.), byly vyloučeny. Celkem bylo do stupně ramš zařazeno 1 442 klonů. Nejvíce klonů (93,8 %) postoupilo do stupně ramš od kombinace křížení 96.77 (39 34 57) a nejméně od kombinace křížení 96.86 (39 21 46), ze které bylo vyloučeno celých 66,7 % hodnocených klonů.

V průběhu vegetace byly klony vybrané a vysázené do polních podmínek jako ramše hodnoceny a případně vylučovány v důsledku výskytu virových chorob, nevhodnosti typu trsu, špatného tvaru hlíz, přílišné hloubky oček či možných příměsí. Po sklizni byla z těchto materiálů vybrána sadba na parcelku neošetřenou fungicidy – nejúspěšnější byla kombinace křížení 96.88 (39 34 62), ze které bylo vybráno 45,5 % klonů na hodnocení polní odolnosti vůči plísni bramborové. Nejméně úspěšná byla kombinace křížení 96.89 (39 34 68), ze které postoupilo pouhých 11,2 % klonů na parcelku neošetřenou fungicidy.

Hlavním kritériem hodnocení introdukovaného šlechtitelského materiálu z Jižní Ameriky (Peru, Lima, CIP) byla hladina polní rezistence vůči plísni bramborové v nati. Klony byly hodnoceny polním testem na parcele neošetřené fungicidy. Celkem bylo testováno 387 hybridů a 5 kontrolních odrůd. Rozložení jednotlivých stupňů rezistence v celém testovaném spektru je uvedeno na obr. 1. Vzhledem k tomu, že vegetační období roku 1998 bylo velice příznivé pro rozvoj infekce a pro šíření patogena plísně bramborové (obr. 2), lze předpokládat, že došlo k objektivnímu rozložení klonů do jednotlivých stupňů odolnosti. Za perspektivní klony využitelné v další šlechtitelské práci zaměřené na rezistenci vůči *Phytophthora infestans* byly ty, které byly ohodnoceny body 9 a 8 a u nichž byla zjištěna nejnižší hodnota ADPC.

Na základě bonitace vykázala nejvíce odolných klonů kombinace křížení 96.76 (39 32 14) a dále pak kombinace křížení 96.78 (39 31 11) a 96.82 (39 34 64). Nejnáchylnější kombinací křížení byla 96.88 (Pimpernell × 387334.5), u níž ani jeden klon nevykázal odolnost vůči plísni. Ani kombinace křížení 96.77 (39 34 57) a 96.81 (39 33 05) nelze považovat z hlediska polní rezistence k plísni bramborové za příliš perspektivní.

Podle hodnot ADPC (tab. 3) se jako nejperspektivnější ukázala kombinace 96.76 (387415.7 × 389746.2), ze které se plných 16 klonů dostalo mezi 30 nejodolnějších, dále též kombinace křížení 96.83 (39 10 61), 96.86 (39 21 46) a 96.80 (39 26 34). Celkově bylo zastoupeno osm kombinací křížení mezi rezistentními hybridy. Podobně jako při vizuální bonitaci byla i podle zjištěných hodnot ADPC nejnáchylnější kombinace křížení 96.88 (Pimpernell × 387334.5). Na základě hodnocení jednotlivých klonů metodou ADPC byly vybrány klony nejvhodnější pro další testování a využití ve šlechtitelských programech. Rozvoj plísně bramborové vzhledem k jednotlivým termínům hodnocení (3., 7., 10., 17., 21., 24., 27., 31. července a 4., 7., 11., 14., 18. srpna) byl u zkoušených 14 kombinací kří-



Obr. 2. Průběh infekce natě plísní bramborovou v letech 1994–1999 (odrůda Lukava) – The course of foliar late blight infection 1994–1999 (variety Lukava)

[1]infected leaf area (%), [2]date

Tab. 2. Celkový přehled zjištěných údajů – General survey of data obtainedn first tuber

Označení VÚB[1]	Vyseto semen[2]	Klíčivost[3] (%)	Počet klonů tvořících hlízy[4]	Počet klonů zařazených do stupně ramš[5]	Počet klonů na parcele neošetřené fungicidy[6]	Počet klonů s vyšší úrovní polní rezistence k *P. infestans* (stupeň odolnosti 8–9)[7]	ADPC
96.76	250	84,0	173	133	43	23	87,73
96.77	200	94,0	177	166	43	2	230,71
96.78	200	49,5	83	74	27	12	143,54
96.79	250	86,8	189	154	37	5	220,46
96.80	200	89,0	111	83	17	6	117,71
96.81	250	81,2	160	146	58	2	278,96
96.82	250	84,4	173	144	32	10	153,77
96.83	200	88,5	81	42	8	3	96,82
96.84	250	80,0	111	58	16	5	167,06
96.85	200	95,0	146	101	13	0	285,51
96.86	200	95,5	57	19	3	2	116,15
96.87	200	96,5	150	116	33	6	208,37
96.88	200	70,0	114	99	45	0	300,30
96.89	200	66,0	117	107	12	8	132,94

[1]code of Potato Research Institute, [2]number of seeds sown, [3]germination (%), [4]number of clones that formed tubers, [5]number of clones included in first tuber generation, [6]number of clones selected for fungicide untreated plot, [7]number of clones with field resistance to late blight (degree 8–9)

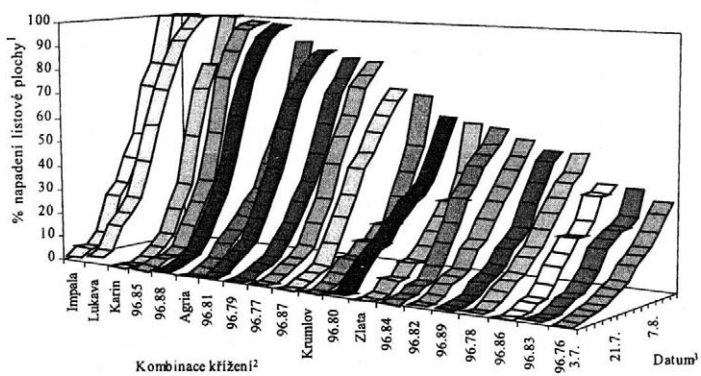
žení a 5 kontrolních odrůd různý. Nejpomalejší rozvoj choroby probíhal u kombinace křížení 96.76 (39 32 14), nejrychlejší rozvoj byl u kombinace křížení 96.85 (39 26 18), kontrolních odrůd Karin, Impala a náchylného prosazu Lukava (obr. 3).

Získané údaje potvrzují výsledky, které získali Colon *et al.* (1995), když zjistili, že odrůda Libertas vykazuje vysokou úroveň polní rezistence k plísni. Mezi 30 nejperspektivnějšími klony jsou zastoupeny čtyři materiály mající původ v této odrůdě. Vůbec nejnižší hodnoty ADPC (35,50) vykázal v našem polním testu klon 96.78/23. Dalšími odolnými klony původu 386209.10 × Libertas jsou 96.78/25, 96.78/24 a 96.78/21.

Naopak se nepotvrdil předpoklad o předávání rezistence u odrůdy Pimpernell (Colon *et al.*, 1995), neboť kombinace křížení 96.88 (39 34 62) pocházející z této odrůdy se projevila jako náchylná k plísni bramborové.

Výsledky ukazují, že se vyskytly i takové klony, jejichž reakce na polní infekci *P. infestans* byla podobná jako u náchylné odrůdy Lukava a jsou tedy nevhodné pro další využití z hlediska odolnosti k plísni bramborové. Podle hodnot ADPC se jeví jako nevhodná zejména kombinace křížení 96.81 (39 33 05) pocházející z křížení 387132.2 × Kathadin.

Bylo zjištěno, že z hlediska délky vegetační doby je většina testovaných klonů pozdnějších, ale vyskytly se i genotypy s kratší vegetační dobou. Mezi 30 nejodolnějšími klony jsou nadějné materiály, srovnatelné s poloranými odrůdami (96.76/30, 96.76/1, 96.76/18, 96.76/45, 96.76/47, 96.76/8, 96.84/4, 96.76/42, 96.78/21 a 96.89/4)



[1]infected leaf area (%), [2]crosses, [3]date

Obr. 3. Rozvoj plísně bramborové na fungicidy neošetřené parcele v roce 1998 u testovaných kombinací křížení a kontrolních odrůd – Late blight progres of the tested crosses and control varieties at fungicide untreated field plot in 1998

Tab. 3. Přehled nejúspěšnějších klonů (1–30), nevhodných klonů (31–38) a kontrolních odrůd (K) z hlediska polní odolnosti vůči plísni bramborové na základě hodnot ADPC – Survey of the best clones (1–30), unsuitable clones (31–38) and control varieties from viewpoint of field resistance to late blight (*P. infestans*) based on the ADPC values

	Klon[1]	ADPC	% napadení natě k 7. 8.[2]	Stupeň rezistence[3]	Vegetační doba[4]
1	96.78/23	35,5	1	9	PP
2	96.76/30	46,0	2	9	PR
3	96.78/25	53,0	2	9	P
4	96.76/1	61,5	2	9	PR
5	96.76/23	66,5	1	9	PP
6	96.76/18	77,0	2	9	PR
7	96.76/45	88,5	5	9	PR
8	96.87/4	96,5	5	9	P
9	96.76/24	98,0	2	9	P
10	96.89/12	101,5	5	9	PP
11	96.76/39	110,0	5	9	–
12	96.76/47	114,0	5	9	PR
13	96.76/8	117,0	5	9	PR
14	96.82/2	131,0	5	9	P
15	96.76/20	140,0	2	9	P
16	96.76/13	142,5	2	9	P
17	96.82/10	152,0	5	9	–
18	96.84/4	157,5	5	9	PR
19	96.76/42	175,0	5	9	PR
20	96.78/24	178,5	5	9	
21	96.84/11	192,5	5	9	PP
22	96.78/21	213,5	5	9	PR
23	96.82/12	237,5	10	9	PP
24	96.76/5	255,5	8	9	–
25	96.89/4	257,5	10	9	PR
26	96.82/3	263,5	10	9	-
27	96.76/46	264,0	10	9	–
28	96.76/14	278,5	10	9	PP
29	96.83/1	283,5	10	9	PP
30	96.76/6	288,0	10	9	–
31	Lukava	2538,0	95	1	
32	96.81/49	2542,0	100	1	
33	96.88/32	2575,0	100	1	
34	96.81/41	2629,5	100	1	
35	96.81/44	2632,5	100	1	
36	96.82/32	2642,0	90	1	
37	96.79/19	2667,0	100	1	
38	96.81/15	2765,0	100	1	
K	Zlata	806,0	30	7	
K	Krumlov	937,0	30	7	
K	Agria	1344,5	50	5	
K	Karin	1724,5	80	2	
K	Impala	2289,5	100	1	

PR = polorané – medium-early, PP = polopozdní – medium-late, P = pozdní – late

[1]clone, [2]infected leaf area % (7th August 1998), [3]level of resistance (evaluation on 1–9 scale (9 without symptoms), [4]maturity

– tab. 3. Z 10 poloraných rezistentních klonů je 7 od kombinace křížení 96.76 (39 32 14), která byla ze všech hlavních hledisek (polní rezistence k plísni bramborové, hodnoty ADPC, kratší vegetační doba) nejperspektivnější.

Z pěti kontrolních odrůd bylo dosaženo nejvyšší hladiny rezistence u odrůdy Zlata a nejnižší odolnost k plísni vykázala velmi raná odrůda Impala.

ZÁVĚR

Z uvedených výsledků lze konstatovat, že byly zjištěny rozdíly v polní odolnosti k *Phytophthora infestans* mezi jednotlivými zkoušenými kombinacemi křížení získanými od spolupracujícího pracoviště CIP (Lima Peru).

Rozdíly byly prokázány ve všech dalších hodnocených znacích a vlastnostech (klíčivost, tvorba hlíz, využitelnost ve stupni ramš, vhodnost zařazení na parcelku neošetřenou fungicidy a polní odolnost k *Phytophthora infestans*).

Jako nejperspektivnější pro dalšího využití ve šlechtitelských programech České republiky se zaměřením na získání klonů s polní rezistencí k plísni bramborové v nati se ukázala kombinace 96.76 (387415.7 × 389746.2), u níž mělo několik klonů vysokou hladinu polní rezistence vůči plísni bramborové. Vysokou hladinu polní rezistence dosáhly i klony, které nepocházejí z nejperspektivnějších kombinací křížení, což svědčí o velké variabilitě v rámci každé kombinace. Tyto materiály budou předmětem dalšího studia s ohledem na využití při tvorbě nových výchozích materiálů ve šlechtění brambor.

Obecně lze konstatovat, že materiály získané z krátkodenní oblasti Jižní Ameriky se vcelku dobře přizpůsobily podmínkám dlouhého dne ČR, mají delší vegetační dobu a jsou náchylné k napadení virovými chorobami. V budoucnu budou nejperspektivnější klony ozdraveny v podmínkách *in vitro* od všech virů a využívány v další hybridizaci.

Poděkování

Děkuji Dr. J. A. Landeo z CIP (Lima, Peru) za poskytnutí genetického materiálu pro testování polní rezistence k plísni bramborové.

LITERATURA

Bamberg J. B., Martin M. W., Schartner J. J. (1994): Elite Selections of Tuber-bearing *Solanum* Species Germplasm. Inter-Regional Potato Introduction Station, Sturgeon Bay, USA: 14–15.

Colon L. T., Turkensteen L. J., Prummel W. (1995): Durable resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in old potato cultivars. Eur. J. Plant Pathol., *101*: 387–397.

Darsow U., Hinze E. (1991): Nutzung von Wildarten zur Verbesserung der relativen Phytophthora-Rezistenz in der Kartoffelzuchtung. In: Kartoffelforschung Aktuell 1991. Gross Lusewitz, Ifk: 43–52.

Darsow U., Hinze, E. (1992): Braunfauleresistens (*Phytophthora infestans*) kultivierter Solanum-Arten und deren Nutzung in der Zuchtung. In: Proc. Joint Conf. EAPR-Breeding EUCARPIA – Potato, Landerneau (France), 12–17 Jan.: 31–35.

Fry W. E. (1978): Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. Phytopathology, *68*: 1650–1655.

Landeo J. A. (1987): Late blight breeding strategy at CIP. In: Fungdal diseases of the potato. Rep. Planning Conf. Int. Potato Center, Lima (Peru): 57–73.

Mackay G. R. (1996): Resistance: the foundation of integrated pathogen management of late blight (*Phytophthora infestans*). CIP Circular, *22*: 2–5.

Niederhauser J. S., Alvares-Luna E., Mackenzie D. R. (1996): RETONA a new strategy in the control of potato late blight. Am. Potato J., *73*: 225–229.

Rivera-Pena A. (1992): Use of wild tuber-bearing species of *Solanum* for breeding potatoes against *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. In: Proc. Joint Conf. EAPR-Breeding EUCARPIA – Potato, Landerneau (France), 12–17 Jan.: 19–24.

Rousselle P., Bedin P., Pelle R. (1992): Progeny screening for foliage late blight resistance in potato. In: Proc. Joint Conf. EAPR-Breeding EUCARPIA – Potato, Landerneau (France), 12–17 Jan.: 36–39.

Sieczka M. T. et al. (1992): Specific and general resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. In: Proc. Joint Conf. EAPR-Breeding EUCARPIA – Potato, Landerneau (France), 12–17 Jan.: 30.

Stewart H. E., Brandshaw J. E., Wastie R. L. (1994): Correlation between resistance to late blight in foliage and tubers in potato clones from parents of contrasting resistance. Potato Res., *37*: 429–434.

Swiezynski K., Osiecka M., Sieczka M. T. (1994): Problematyka hodowli odmian ziemniaka odpornych na grzyb *Phytophthora infestans*. In: Biul. IZ, 44, Bonin, IZ: 13–20.

Došlo 29. 3. 2000

Kontaktní adresa:

Ing. Pavel Petr, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika, tel.: + 420 451 466 225, fax: + 420 451 215 78, e-mail: petr@vubhb.cz

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

K osmdesátinám prof. RTDr. Ing. Jana Roda, DrSc.

Kulatý rok 2000 bude významný nejen tím, že Brno hostí mezinárodní konferenci k oslavám Gregora Johana Mendela, zakladatele genetiky. Bude významný i tím, že 28. října oslaví v obdivuhodné duševní i tělesné svěžesti osmdesátiny pan profesor Jan Rod .

Jeho rodištěm je Českomoravská vysočina město Telč. Tam vyrůstal a také se ke svým kořenům vrátil, aby zde v rodném kraji prožil zasloužený odpočinek po velice plodné práci.

Studium na Vysoké škole zemědělské a lesnické ukončil v roce 1947 a pokračoval ve studiu RTDr. V roce 1950 se již jako mladý vědecký pracovník podílel na řešení úkolů ve Výzkumných ústavech pro rostlinnou výrobu v Brně-Pisárkách. Tam ale ústav neměl dlouhého trvání, neboť v roce 1951 se stěhoval do Prahy-Ruzyně. Jenda Rod byl jedním z těch, kteří přešli za prací do Prahy. Polní pokusy VÚRV se v té době odbývaly na pracovišti v Doksanech, kam Jan často z Prahy zajížděl. Ve volných chvílích se těšil zdejší podřípskou přírodou, obzvláště pak kolem řeky Ohře a hlavně při provozování vodních sportů na její hladině.

Významný kus práce vykonal na Vysoké škole zemědělské v Brně, kde od roku 1955 přednášel statistiku, polní pokusnictví a šlechtění a semenářství. V roce 1969 musel z politických důvodů svoji milovanou práci opustit.

Dalších pět let pak pracoval ve Výzkumném ústavu základní agrotechniky v Hrušovanech u Brna, který byl jedním z pracovišť VÚRV Praha-Ruzyně. Po 20 letech se tedy vrátil znovu pod ruzyňská křídla. V Hrušovanech založil a vedl oddělení biometriky a pokusnické techniky. Svými bohatými zkušenostmi pomáhal zakládat a hlavně vyhodnocovat polní i laboratorní pokusy jak v Hrušovanech, tak i v Praze-Ruzyni.

V oboru biometriky a polního pokusnictví byl v té době prof. Rod již natolik ve světě známým odborníkem, že byl jmenovaným zástupcem naší republiky do organizace EUCARPIA. Jako člen této organizace uspořádal vědeckou konferenci „Biometrika a polní pokusnictví", spojenou s výstavou malé pokusnické techniky, což byla převratná událost a v té době první pokus prosadit k nám vyspělou „západní" techniku do polního pokusnictví.

Poslední úsek jeho vědecké činnosti začal v roce 1974 ve Výzkumném a šlechtitelském ústavu pícninářském v Troubsku u Brna. Zde vedl kolektiv genetiky a šlechtění, pracoval na metodikách šlechtění syntetických populací a s nemalými úspěchy také jako praktický šlechtitel vojtěšky. Hloubavý vědecký přístup ke šlechtění rostlin ukázal jeho mladším spolupracovníkům vždy ten správný směr. Na pracovišti v Troubsku setrval až do odchodu na zasloužený odpočinek.

Během dlouhé vědecké kariéry vykonával celou řadu velice důležitých funkcí. Namátkou: zástupce ČSR v Evropské organizaci pro výzkum a šlechtění rostlin, dlouholetý předseda Biometrické komise ČSAV, zakládající člen redakční rady časopisu Genetiky a šlechtění, člen komisí pro obhajoby kandidátských a doktorských prací, člen habilitačních a profesorských komisí, člen vědeckých rad mnoha výzkumných pracovišť (např. VÚRV Praha-Ruzyně, VÚZA Hrušovany, VŠÚP Troubsko, Mendeleum Lednice atd.).

Jako jazykově zdatný vědec publikoval více než 120 vědeckých prací v angličtině, němčině, ruštině i češtině. Jeho vysokoškolská skripta jsou dodnes často používanou pomůckou studentů přírodovědných oborů vysokých škol.

Je velká škoda, že prof. Rod musel více než desetinu století čekat než mu bylo umožněno obhájit doktorskou disertaci. Po sametové revoluci v roce 1989 byl VŠZ v Brně plně rehabilitován a právem mu byl přiznán profesorský titul.

Milý příteli i když dodnes působíš např. ve vědecké radě VÚRV nebo v redakční radě časopisu Czech Journal of Genetics and Plant Breeding (Genetika a šlechtění) přeji Ti zasloužený odpočinek v důchodu. Ať ve zdraví užíváš procházky Tvým rodným krajem, ať se dlouho těšíš pohledy na Tvůj les, který zvelebuješ, ať dlouho zůstaneš tak jako vždy naším učitelem i dobrým kamarádem.

Miroslav Škorpík

INFORMACE – STUDIE – ZPRÁVY

GENETICKÁ TRANSGENOZE U OBILNIN*

TRANSGENSIS IN CEREALS

L. Kučera[1], L. Ohnoutková[2], E. Müllerová[2], J. Ovesná[1]

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

[2]*Institute of Experimental Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic, Olomouc, Czech Republic*

ABSTRACT: Cereals are the world's largest crops in total production and area. Rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) are primary food sources for the world population. Barley (*Hordeum vulgare*) is used for feeding and malt production. High yielding and quality cultivars have been obtained during the last century using conventional breeding systems. However, rising world population needs still more and more food. Molecular biology, namely genetic transformation may help to solve such increasing demands providing more stable yield through better disease/pest resistance, easier management of herbicide tolerant crop and higher quality in grains with changed protein, vitamins or trace element contents. Transformation of cereals is not easy. Cereals, especially wheat, had been considered recalcitrant for a long time. Different plant tissues were tested for their regeneration ability *in vitro* like leaf segments, roots, floral segments, mature and immature embryos, pollen and microspores. Regeneration was achieved after tremendous effort via somatic embryogenesis using immature embryos and via pollen embryogenesis from anthers and microspores. Cell and protoplast cultures are still not common. *Agrobacterium* does not attack monocots in nature, which is the second reason why transformation of cereals is more difficult as compared with dicots. There were effort in some laboratories to manipulate *Agrobacterium* genome to force it to interact with monocots. Some phenolic compounds like acetosyringone were added to the cocultivation media to induce *Agrobacterium* virulence regions. Other types of transformations were tested as well. Particle bombardement were proved to be the most successfull for all the cereals. Up to now hundreds of transformants have been developed. Details concerning barley transformation are given in the review. Mainly maize and rice cultivars advanced lines and cultivars are available. Several maize cultivars have been introduced and approved for the market. Mostly they are herbicide tolerant. Roundup, Liberty and bromoxynil herbicides can be used to minimalize inputs for growing the crops and to save environment. Delta-endotoxin producing cultivars are the other example of genetically modifieded cereals. Maize resistant to the European corn-borer is recomended by plant pathologist. At present 420 applications for deliberate release GMO into the environment are registred in the EU member states for maize, 3 applications for barley and 13 applications for wheat.

Keywords: genetic transformation; transgens; transgenic wheat; transgenic barley; transgenic maize; GMO

ABSTRAKT: V posledním století byly pomocí konvenčních šlechtitelských postupů vyšlechtěny vysoce výnosné a kvalitní odrůdy obilnin, avšak rostoucí světová populace potřebuje stále více potravin. Molekulární biologie, jmenovitě genetické transformace mohou napomoci v řešení zvyšujících se požadavků poskytnutím vyšší stability výnosů díky lepší odolnosti vůči chorobám a škůdcům, snadnější agrotechnikou u plodin odolných vůči herbicidům a vyšší kvalitou zrna se změněným obsahem proteinů, vitaminů a nedostatkových prvků. Transformace obilnin není jednoduchou záležitostí a obilniny byly po dlouhou dobu považovány za rekalcitrantní. Byla studována regenerační schopnost *in vitro* řady rostlinných pletiv, jako jsou listové segmenty, kořeny, části květních orgánů, zralá i nezralá embrya. Regenerací bylo dosaženo po značném experimentálním úsilí cestou somatické embryogeneze u nezralých embryí a cestou pylové embryogeneze z prašníkových a mikrosporových kultur. Využití buněčných nebo protoplastových kultur není stále běžné. *Agrobacterium* v přírodě nenapadá jednoděložné rostliny, což je jedním z důvodů, proč je transformace obilnin obtížnější než dvouděložných rostlin. Některé laboratoře se snaží upravit genom *Agrobacterium* tak, aby se zvýšila interakce s jednoděložnými rostlinami. Pro indukci virulence *Agrobacterium* se do kokultivačního média přidávají některé fenolické látky (např. acetosyringon). Rovněž jsou testovány jiné metody transformace a bylo ověřeno, že mikroprojektilový přenos je pro obilniny nejefektivnější.

*Práce byla uskutečněna s podporou Ministerstva zemědělství (projekt č. EP 0056).

Do současnosti byly vytvořeny stovky transformantů a jsou již k dispozici novošlechtění a odrůdy kukuřice a rýže. Některé odrůdy kukuřice již byly povoleny a uvolněny pro trh. Jedná se ve většině případů o rostliny tolerantní k herbicidům a použití herbicidů Roundup, Liberty a na bázi bromoxynilu tak může snížit vstupy při pěstování plodin a snížit ekologickou zátěž. Odrůdy vytvářející delta-endotoxin jsou dalším příkladem geneticky manipulovaných obilnin. V současnosti je v členských státech EU podáno 420 žádostí o uvolnění do životního prostředí pro GM linie kukuřice, 3 pro ječmen a 13 pro pšenici.

Klíčová slova: genetická transformace; transgeny; transgenní pšenice; transgenní ječmen; transgenní kukuřice; GMO

ÚVOD

Současné pěstební technologie u jednoděložných rostlin jsou charakteristické vyššími nároky na hnojení a ochranu rostlin vůči chorobám a škůdcům spojenou s využitím nové generace herbicidů. V průběhu dlouhodobé selekce nutně dochází ke snížení genetické diverzity uvnitř selektovaných populací, a proto jsou vyvýveny nové šlechtitelsko-genetické postupy včetně možnosti přímých genetických manipulací.

Ve světě jsou v současné době transgenní rostliny pěstováno na 35 mil. ha. Odhad osevních ploch s geneticky modifikovanými rostlinami pro rok 2001 je 177 mil. ha. Nižší zastoupení ploch jednoděložných druhů mezi geneticky modifikovanými rostlinami včetně hospodářsky významných obilnin je způsobeno obtížemi při zavádění regeneračních systémů a transformačních technik především vektorového přenosu. Vzhledem k tomu, že obilniny nejsou citlivé vůči agrobakteriální infekci, bylo vypracováno několik alternativních přístupů ke vnášení klonovaných genů do rostlinné buňky.

Regenerační systémy *in vitro* využitelné pro transformační experimenty

Úspěšnost transformačního procesu je závislá na vypracování indukčních a regeneračních systému *in vitro* u jednotlivých druhů, zpravidla pomocí somatické a pylové embryogeneze. Méně časté i méně úspěšné jsou přenosy DNA do intaktních buněk kompletních rostlin.

K odvození somatické embryogeneze u hospodářsky významných druhů (ječmene, pšenice, kukuřice, rýže) se nejčastěji kultivují nezralá zygotická embrya o velikosti 1,0–1,5 mm, případně zralá zygotická embrya, která kultivujeme *in vitro* na vhodbém médiu, přičemž indukční částí explantátu je štítek. Suspenzní kultury, které jsou také vhodná k transgenozi, jsou zpravidla odvozené z kalusu ze stejného části explantátu. Pylová embryogeneze je indukována buď v kultuře prašníků, nebo v kultuře izolovaných mikrospor. Tyto kultury umožňují vnášet cizorodou DNA do haploidního genomu. V obou regeneračních systémech lze odvodit i protoplastové kultury, které však můžeme získat i z izolovaných vajíček, dalších buněk zárodečného vaku, případně i ze zygoty.

Transformační techniky

Jednoděložné rostliny na rozdíl od dvouděložných nejspíše netvoří v procesu hojení specifické látky indukující expresi Ti-plazmidových virulentních (*vir*) genů, které umožňují agrobakteriální přenos T-DNA. U jednoděložných rostlin se neobjevuje jev dediferenciace poranění a neprodukuje se ani ranový kalus. To jsou pravděpodobně základní rozdíly mezi jedno- a dvouděložnými rostlinami, které jsou příčinou nižší účinnosti transformací pomocí *Agrobakterium tumefaciens*. V současné době je výzkum v této oblasti zaměřen na selekci a konstrukci nových kmenů, vhodných pro transformaci u jednoděložných druhů rostlin.

Nejpoužívanější metodou je v současnosti tzv. mikroprojektilový přenos DNA (particle bombardment, např. patent fy Pioneer US Patent 5,886,244). Do jader nebo organel kultivovaných buněk, případně i do intaktních rostlinných orgánů jsou vstřelovány mikroskopické částice netoxických kovů (např. zlata nebo wolframu), na kterých je za pomocí adheze povrchově přichycena DNA. V dnešní době jsou komerčně vyráběny přístroje, u kterých lze nastavit potřebné parametry nastřelování, nejčastěji se používá Biolistic® PDS-1000/He System od firmy BioRad.

Mezi alternativní nevektorové přenosy zahrnujeme elektroporaci. Tato metoda je založena na zvýšení permeability membrány protoplastů vysokonapěťovými pulzy, což umožňuje zavedení vysokomolekulární DNA do protoplastu. Vzhledem k faktu, že regenerace transformovaných protoplastů není u obilnin rutinní záležitostí, je výtěžnost zmíněné metody nízká.

Prostupnost cytoplazmatické membrány pro DNA lze ovlivnit rovněž pomocí aplikace polyetylenglykolu (PEG). Účinnost transgenoze je však velice nízká. Pro vnášení cizorodé DNA do rostlinné buňky lze u obilnin využít i mechanického přenosu pomocí mikro- a makroinjekcí roztoku DNA. Reprodukovatelnost těchto postupů je omezená. Vyšší úspěšnost lze zaznamenat při vnášení DNA pomocí metody SCW (Silicon Carbide Whisker), která je i finančně méně náročná. Mikrovlákna karbidu křemíku při intenzivním protřepávání v roztoku DNA, v němž jsou zároveň přítomny i embryogenní části rostlin (např. nezralá embrya), vytváří vstupní otvory do buněčných stěn a umožňují tak průnik molekul DNA do beněk. Nevýhoda metody spočívá ve vysoké náročnosti na zajištění bezpečné manipulace s mikrovlákny, které mají karcinogenní účinek.

Přehled výsledků transformačních experimentů u vybraných obilnin shrnují tab. 1–3.

Tab. 1. Přehled výsledků transformačních experimentů u *Triticum aestivum* L.

Objekt	Použitý plazmid	Geny	Metoda	Selekce	Výsledek	Citace
Suspenzní kultura	pMON8678 pMON752 pMON19606 pMON9967	*gus, nptII, epsp*	PG	kanamycin	kalus	Vasil *et al.* (1991)
Nezralá embrya	pCaMVI$_1$CN pCaMVI$_1$GusN	*cat* *gus*	PG	CAT	kalus	Chibbar *et al.* (1991)
Kalus	pBARGUS	*bar, gus*	PG	Basta	transgenní rostliny	Vasil *et al.* (1992)
Nezralá embrya	pBARGUS	*bar, gus*	PG	PPT	transgenní rostliny	Vasil *et al.* (1993)
Nezralá embrya	pBARGUS	*bar, gus*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Weeks *et al.* 1993)
Nezralá embrya	pDB1	*bar (PAT), gus (uidA)*	PG	Basta	transgenní rostliny	Becker *et al.* (1994)
Protoplastové kultury		*vcp*		VCP	kalus a prýty	Lupotto *et al.* (1995)
Nezralá embrya	pAHC25	*bar (PAT),* *gus (uidA)*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Altpeter *et al.* (1996)
Nezralá embrya	pBI221 pAct1-F pARK22	*gus* *gus* *bar*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Takumi, Shimada (1996)
Zralá embrya	pHAC25	*bar, gus*	silikon karbid	bialaphos	transgenní rostliny	Serik *et al.* (1996)
Nezralá embrya	pBARGUS pGL2	*bar (PAT),* *gus (uidA)* *hpt*	PG	bialaphos hygromycin	transgenní rostliny	Ortiz *et al.* (1996)
[1)]Nezralá embrya	pBARGUS	*bar, gus*	PG	PPT	transgenní rostliny	Bomminemi *et al.* (1997)
Nezralá embrya	pAHC25 pTa6376	*bar (PAT),* *gus (uidA)* *pvu*II	PG PG	PPT PPT	transgenní rostliny transgenní rostliny	Dobrzanska *et al.* (1997)
Nezralá embrya	pAct1-F pDM302	*gus* *bar*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Takumi, Shimada (1997)
Nezralá embrya	pAL51	*luc, bar*	PG	PPT	transgenní rostliny	Londsdale *et al.* (1998)
Nezralá embrya Kalus	pMON18365	gus *npt*II	AT	kanamycin	transgenní rostliny	Cheng *et al.* (1997)
Nezralá embrya	pDB1	*bar (PAT), gus (uidA)*	PG	PPT	transgenní rostliny	Lörz *et al.* (1998)
Nezralá embrya	rozdílné plasmidy	*bar, gus* *npt*II	PG	bialaphos geneticin	transgenní rostliny	Bernard *et al.* (1998)
[2)]Nezralá embrya	pBM113Kp	*bar, gus*	PG	PPT	transgenní rostliny	Bommineni *et al.* (1998)
Nezralá embrya	pDP687	*gus*	PG	anthocyanin	transgenní rostliny	Lacock *et al.* (1998)
Nezralá embrya		Cme (BTI-CMe)	PG		transgenní rostliny	Altpeter *et al.* (1998)
Nezralá embrya		Vst1	PG	Basta	transgenní rostliny	Leckband *et al.* (1998)
Embryogenní kalus	pGlu10(H)5	*glu-1, bar*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Blechl *et al.* (1998)
Nezralá embrya	pAHC20	*bar (PAT), gus*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Pauk *et al.* (1998)
Nezralá embrya	pDM803	*bar, aph*A, *hpt*	PG	bialaphos geneticin paromomycin hygromycin	transgenní rostliny	Witrzens *et al.* (1998)
[3)]Nezralé květenství	pAct1-DGUS	*gus (uidA)*	elektro-porace		kalus	He, Lazzeri (1998)
Skutelární kalus	pAHC25	*bar (PAT), gus (uidA)*	PG	PPT	transgenní rostliny	Iser *et al.* (1998)
Nezralá embrya	pAHC25	*bar (PAT), gus (uidA)*	PG	Basta	transgenní rostliny	Rasco-Gaunt *et al.* (1999)
[1)]Nezralá embrya	pBARGUS	*bar, gus*	PG	PPT	transgenní rostliny	He, Lazzeri (1998)
Suspenzní kultura	AGLO AGL1 EHA101	*bar, s-gfp, hph*	AT	Bialaphos hygromycin	kalus	Guo *et al.* (1998)
Nezralá embrya	LBA4404	*gus*, sgfp-S65T	AT		kalus	McCormac *et al.* (1998)
Nezralá embrya	pLECGNA2	*GNA*	PG		transgenní rostliny	Stoger *et al.* (1999)

[1)]*Triticum turgidum* L.; [2)]*Triticum durum* L.; [3)]*Triticum aestivum* L., *Tritordeum*

Tab. 2. Přehled výsledků transformačních experimentů u *Hordeum vulgare* L.

Objekt	Použitý plazmid	Geny	Metoda	Selekce	Výsledek	Citace
Nezralá embrya Kalus Suspenzní kultura	pCaMVCAT-L pCaMV$_1$CN pUC8	*cat*	PG		kalus	Kartha *et al.* (1989)
Mikrospory	pJIT33 pJIT129	*wdv, gus* *wdv*	PG AT		kalus	Creissen *et al.* (1999)
Nezralý endosperm	PBSGUS, pE9, pE12	*gus (uidA)*	PG		kalus	Knudsen, Müller (1991)
Endosperm	pCaMV$_1$CN pCIGUS	*cat* *gus*	PEG, PG		kalus	Lee *et al.* (1991)
Suspenzní kultura	pHTT303 pAT13	*nptII* *gus (uidA)*	PG	G418	kalus	Ritala *et al.* (1993)
Bunečná suspenze	9 různých plazmidů	*gus*	PG		kalus	Chibbar *et al.* (1993)
Nezralá embrya	pBC17	*B-Peru, C-1*	PG		transgenní rostliny	King, Kasha (1994)
Mikrospory	pDB1	*bar (PAT),* *gus (uidA)*	PG	PPT	transgenní rostliny	Becker *et al.* (1994)
Nezralá embrya kalus, somatická embrya odvozená z mikrospor	pAHC25 pBARGUS pRsa1BYDV pPAV110	*bar (PAT),* *gus (uidA)* *bar, gus* *cpBYDV* *cpBYDV*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Wan, Lemaux (1994)
Nezralá embrya	pHTT303	*nptII*	PG	noemycin	transgenní rostliny	Ritala *et al.* (1994)
Nezralá embrya	pHTT303 pAT13	*nptII, gus*	PG	geneticin kanamycin	transgenní rostliny	Ritala *et al.* (1995)
Protoplasty	pHTT303	*npt*II	elektroporace		transgenní rostliny	Salmenkallio-Marttila *et al.* (1995)
Mikrospory	pEmuGN	*gus*	PG		transgenní rostliny	Harwood *et al.* (1995)
Protoplasty	pAct1Dneo	*nptII*	PEG	G418	transgenní rostliny	Funatsuki *et al.* (1995)
Endosperm	pC3 PC58 pEmuGN	*hor2-4* *nptII, gVic* *gus*	PG			Heim *et al.* (1995)
Nezralá embrya	pBB1	*hph, gus (uidA)*	PG	hygromycin	transgenní rostliny	Hagio *et al.* (1995)
Suspenzní kultura	pKAH21 pHTT303	*EGI* *nptII*	PG	G418	transgenní rostliny	Aspegren *et al.* (1995)
Nezralá embrya	pVA13 pACt1-F	*luc, bar (PAT)* *uidA*	elektroporace		kalus	Hänsch *et al.* (1996)
Nezralá embrya	pAHC25	*bar (PAT),* *gus (uidA)*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Koprek *et al.* (1996)
Nezralá embrya	pDM803	*bar, uidA* *lysC, dapA*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Brich-Pedersen *et al.* (1996)
Protoplasty	pSBG501 + co.	*Npt*II *b-amyl*	PEG		transgenní rostliny	Kihara *et al.* (1997)
Mikrospory	pAHC25	*bar (PAT), gus* *(uidA)*	PG	bialaphos	transgenní rostliny	Yao *et al.* (1997)
Nezralá embrya	pDM803	*bar, uidA*	PG, AT	bialaphos	transgenní rostliny	Tingay *et al.* (1997)
Nezralá embrya	plazmid pAL51	*bar, luc, R 173*		bialaphos	transgenní rostliny	Travella *et al.* (1998)
Mikrospory		*Vst1*	PG	Basta	transgenní rostliny	Leckband, Lörz (1998)
Nezralá embrya		*CP*	PG	hygromycin	transgenní rostliny	Hagio (1998)
Protopasty	pAct1Dneo35St	*nptII*	PEG	G418	transgenní rostliny	Kihara *et al.* (1998)
Suspenzní kultura mikrosporiální kalus	pTOK233 pBECKSGUS pBECKSGUS	*hph, gusA, npt*II *hph* *bar*	AT	hygromycin PPT	transgenní bunečné kultury	Wu *et al.* (1998)

Vysvětlivku k tab. 1 a 2

gus –β-glukuronidáza; *hph* – hygromycinfosfotransferáza; *npt*II – neomycinfosftransferáza, *epsp* – enolpyruvylshikimatfosfáte syntáza; *aph*A – neomycinfosfotransferáza; *Vst1* – z *Vitis vinifera* stiblen syntáza gen (phytoalexin, resveratrol), CMe (BTI-CMe) – žitný trypsinový inhibitor; *cat* – chloramphenicol acetyltransferase; *GNA* – *Galanthus nivalis* agglutinin; *vcp* – virus coat protein gene; *luc* –luciferázový gene; *sgfp*-S65T – syntetický zelený fluorescentní proteinový gen; *glu*-1 – gene pro vysokou molekulovou hmotnosti glutenin; *gfp* – zelený fluorescentní protein; AT – *Agrobacterium tumefaciens*, PG – particle bombarderdment, *cpBYDV* – *Barley yellow dwarf virus* coat protein, *EGI* – β-glukanáza z *Trichoderma resei*, G418 – specifické antibiotikum (geneticin), R 173 – žitná repeat sekvence, Herbiace, Basta – herbicidy, PEG – polyetylénglykol, *B-Peru, C-1* – antokyanové regulační geny, *gVic* – lysine-rich vicilin gen z *Vicia faba*, co – kotransformace, CP – geny z *Barley mild mosaic virus*

Proč jsou produkovány geneticky modifikované obilniny

- *Využití aplikačních výhod moderních a ekologicky šetrných herbicidů.*

Transgenní rostliny, které jsou tolerantní k herbicidům, umožňují nahrazení klasických herbicidů typy, které se v půdě rychleji odbourávají a jsou šetrnější k životnímu prostředí, k pracovníkům v zemědělství i ke konzumentům (Ondřej *et al.* 1998).

Cílená transgenoze umožňuje rozšířit spektrum druhů hospodářsky významných rostlin vhodných pro aplikaci herbicidů s širším spektrem účinku. Pěstování těchto transgenních odrůd je spojeno zpravidla se změnami agrotechniky, která ovlivňuje i ekonomiku pěstování dané plodiny.

Odvození tolerance je v současné době zaměřeno na základní skupiny účinných látek: glyphosate (Roundup), phosphinotricin (Basta, Finale, Liberty, Radicale), chlorsulfuron (Glean), bromoxynil (BXN) a další.

- *Zvýšení odolnosti vůči chorobám a škůdcům.*

Současné experimenty jsou zaměřeny na získání rostlin tolerantních k virovým infekcím (např. BYDV, WMSV), bakteriálním (bradavičnatka) a houbovým chorobám (fusariózy, padlí). Využívané geny (geny pro obalové proteiny, *PR* geny, chitinázy, ubichinony atd.)

Transgenózi lze využít pro získání rostlin odolných vůči rostlinným škůdcům (hádátka, zavíječi, obaleči atd.).

Využívané geny: *Bt* gen, tripsin, gen pro toxin štíra, limonene synthase (Meyer, and, 1994; International patent application No. PCT/US94/03011), trypsininhibitor z ječmene CMe (BTI-CMe).

- *Zvýšení odolnosti vůči abiotickým stresům.*

Získání rostlin se zvýšenou výnosovou stabilitou v nepříznivých podmínkách (sucho, mráz, zasolení, nízké pH) je dalším z cílů transformačních experimentů.

- *Nutriční a potravinářská jakost.*

Geny zvyšující nutriční a potravinářskou kvalitu produktu:

- zvýšení obsahu proteinů,
- změna podílu esenciálních aminokyselin (lyzin, metionin, threonin aj.),
- zlepšeních nutričních parametrů pomocí vnesení enzymu fytázy, který zvyšuje využití fosforu a minerálních látek, které jsou obsaženy v zrnu ječmene, dále je uvažováno využití genů pro α-, β-amylázy, glukanázy,
- zvýšení podílu zásobních proteinů zvyšujících pekařskou kvalitu (geny pro podjednotky HMW gluteninů),
- zvýšení obsahů vitaminu A, B, D, případně zvyšování obsahu stopových prvků, např. železa (gen pro ferritin).

- *Geny, jejichž produkty umožňují alternativní technologické zpracování produktu (např. geny spojené s biosyntézou a tvorbou alternativních forem škrobu).*

Úspěšné praktické aplikace u jednotlivých plodin

Výzkumem a přípravou transgenních rostlin s praktickým využitím v zemědělské praxi se zabývá řada specializovaných pracovišť (v současné době je v Evropě evidováno 420 experimentů s GMO uvolněnými do životního prostředí – tab. 4). Teoretické aspekty přenosu DNA do rostlin a konstrukcí plazmidů obsahujících hospodářsky významné geny jsou řešeny v univerzitních i soukromých laboratořích. Jsou součástí národních i mezinárodních programů (INCO-Copernicus, 4RP, 5RP). Mezi nejznámější a nejúspěšnější producenty transgenních odrůd patří firmy MONSANTO, NOVARTIS/Ciba, DuPont (Pioneer Hi-Bred), AgrEvo, DeKalb (tab. 5–7).

ZÁVĚR

Vzhledem k současnému stavu, kdy jsou rozvojové země závislé na produkci dostatečně kvalitních obilnin, zejména rýže, je výzkum transgenoze podporován řadou význačných nadací (např. Rockefeller Foundation). Očekává se, že tato rozhodující plodina bude kromě proteinů a sacharidů i zdrojem potřebných vitaminů a stopových prvků. Její nutriční hodnota by měla zajistit dostatečnou výživu stále se zvyšujícího počtu obyvatel. V současné době 800 mil. lidí trpí chronickou podvýživou, z toho 180 mil. dětí, a 400 mil. těhotných žen má nedostatek železa. Rovněž je snaha zamezit ztrátám při přepravě a skladování zemědělských plodin, které jsou způsobeny skladištními škůdci. Podobné postavení má ve světě i kukuřice. U pšenice a ječmene budou na trh zřejmě uváděny modifikace, které zvyšují možnost jejich průmyslového využití.

Přestože jsou v současné době značné problémy s přípravou geneticky modifikovaných obilnin, budou podle odhadu odborníků požadavky na jejich rozšíření narůstat.

Tab. 3. Úspěšné transformační experimenty u rekalcitrantních obilnin

Druh	Transformovaný materiál	Plazmidy	Geny	Metoda	Selekce a rezistence	Výsledek	Literatura
Avena sativa L.	nezralá embrya		*NptI, gus*	PG	paronomycin	transgenní rostliny	Torbert *et al.* (1995)
	nezralá embrya	pUC8, pH24, pMAV, pPAV, pRPV	*gus*A(*uid*A), *bar, cpgenes* (BYDV)	PG	PPT	transgenní rostliny	Pawlowski *et al.* (1998)
	nezralá embrya	PBARGAS, pH24	*gus*A(*uid*A), *bar cpgenes* (BYDV)	PG	PPT	transgenní rostliny	Pawlowski *et al.* (1998)
	zralá embrya	pNGI, pH24	*gus*A(*uid*A),*npt II npt II*	PG	paromomycin	transgenní rostliny	Torbert *et al.* (1998)
	listové segmenty	pDB1	*gus*A(*uid*A), *bar* (PAT)	PG	PPT	transgenní rostliny	Gless *et al.* 1998)
		p35S39K60K, p35S99K	*Yd2, Bdv1*	PG	BYDV	transgenní rostliny	Koev *et al.* (1998)
Secale cereale L.	klasy	pLGVneo1103	*aph(3´)II*	injekčně	kanamycin	transgenní rostliny	Pena *et al.* (1987)
	embryogenní kalus	pAHC25	*gus*A(*uid*A), *bar* (PAT)	PG	PPT	transgenní rostliny	Castillo *et al.* (1994)

Tab. 4. Počet žádostí o uvolnění GMO do životního prostředí v EU (stav k IV. 2000)

Plodina	AT	BE	DE	DK	ES	FI	FR	GB	GR	IE	IT	NL	PT	SE	Celkem
Kukuřice	1	25	23	1	58	0	194	7	6	0	90	10	5	0	420
Ječmen ozimý						2									2
Ječmen jarní								1							1
Pšenice jarní		1						6							7
Pšenice ozimá		1			3			1							5
Rýže					1		1				3				5

Tab. 5. Přehled transgenních materiálů obilnin (produktů) přihlášených pro uvolnění nebo uvolněných (v souladu s direktivou 90/220/EEC) pro trh států EU (stav k 30. 6. 1999)

Druh (linie)	Firma	EU záznam	Rok	Stát	Znak	Gen(y)	Stav	Poznámka
Maize (Event 176 = 'Maximizer with Knockout4')	Ciba-Geigy	C/F/94/11-03	1994	Francie	odolnost vůči hmyzu, odolnost vůči herbicidu (phosphinothricin)	*Bt (Cry1A(b)), PAT*	povoleno 1997	
Maize (T25 = 'LibertyLink2')	AgrEvo	C/F/95/12-07	1995	Francie	odolnost vůči herbicidu (phosphinothricin)	*PAT*	povoleno (1998)	
Maize (MON 810 = 'Yield Guard Corn')	Monsanto	C/F/95/12-02	1995	Francie	odolnost vůči hmyzu	*SM-CryIA-Btk/ SM-EPSPS-/ SM-NptII-E. coli*	povoleno (1998)	
Maize (MON 809)	Pioneer	C/F/95/12.01B	1995	Francie	tolerance vůči herbicidu (glyphosate), odolnost vůči hmyzu	*Bt(CryIA(b))*	nevyřízeno	
Maize (Bt11)	Northrup	C/GB/96/M4/1	1996	Velká Británie	odolnost vůči hmyzu	*Bt(CryIA(b)), PAT*	povoleno (1998)	import, skladování, zpracování, nepovoleno pro pěstování
Maize (DBT418)	De Kalb	C/NL/97/17	1997	Nizozemsko	odolnost vůči hmyzu; odolnost vůči herbicidu (phosphinothricin)	*-/CryIA(c)-Btk/SM-PAT-Strep. hygroscopicus*	vyřazeno	
Maize (BT11)	Novartis	C/F/96/05-10	1996	Francie	odolnost vůči hmyzu; odolnost vůči herbicidu (phosphinothricin)	*Bt(CryIA(b)), PAT*	nevyřízeno	
Maize (MON810 × T25 = 33Y11,38B22, 34T14)	Pioneer	C/NL/98/08	1998	Nizozemsko	odolnost vůči hmyzu; odolnost vůči herbicidu (phosphinothricin)		nevyřízeno	
Maize (GA21 = RR Corn)	Monsanto	C/ES/98/01	1998	Španělsko	odolnost vůči herbicidu (glyphosate)	*EPSPS*	nevyřízeno	

EPSPS = 5-enolpyruvyl-3-šikimatfosfatsyntáza

Tab. 6. Přehled stavu povolování GMO ve státech OECD (plodina kukuřice)

Instituce	OECD (evid. číslo)	První stát (přihlášení)	Rok	Schválené použití jako krmiva	Povolené použití pro potravinářské účely	Povolené obchodování
DeKalb, DeKalb Genetics	DLL25 (B16)	USA	1995	Kanada (XI-1996)	USA (FDA 1996), Kanada (XII-1996)	
Novartis (Ciba-Geigy, Ciba-Geigy Canada and Mycogen, Ciba Semences)	Event 176	USA	1995	Japonsko (IX-1996), Kanada (II-1996), Nizozemsko, Švýcarsko	United States Food and Drug Administration 1995, Kanada (XII-1995), Japonsko (VIII-1996), UK, Dánsko, Holandsko, Švýcarsko	EU (C/F/4/11-3) 18/12/96
AgrEvo, AgrEvo Canada Inc.	T14, T25	USA	1995	Kanada (VI-1996), Japonsko (III-1997), Švýcarsko	United States Food and Drug Administration (1995), Kanada (IV-1997), Japonsko (V-1997)	
Monsanto	MON810	USA	1995	Kanada (I-1997), Japonsko (VI-1997), Nizozemsko, Švýcarsko	USA (FDA 1996), Kanada (II-1997), Japonsko(V-1997), UK	
Pioneer Hi-Bred	MON809	Kanada	1996	Canadian Decision Document Reference No.: DD97-18 (XI-1996), USA (96), UK (97), Japonsko (97)	USA(96), Kanada (XII-1996), UK (97)	
Monsanto	GA21	USA	1996		USA (FDA 1998)	Kanada (VII-1998)
Monsanto	MON802	USA	1996	Kanada (III-1997)	USA (FDA 1996), Kanada (IX-1997)	
DeKalb	DBT418	USA	1996	Kanada (III-1997)	USA (FDA, 1997), Kanada(IV-1997)	
Plant Genetic Systems	MS3	USA	1996	Kanada (III-1998)	USA (FDA 1996), Kanada (VII-1997)	
Novertis (Northrup King, Northrup King Seeds Ltd. (Canada))	Bt 11	USA	1996	Kanada (VI-1996), Japonsko (IX-1996), UK, Švýcarsko	Japonsko (VIII-1996), Kanada (VIII-1996), UK, Švýcarsko	
Monsanto Canada	MON 832	Kanada	1997		Kanada (IX-1997)	

LITERATURA

Altpeter F., Vasil V., Srivastava V., Stöger E., Vasil, I. K. (1996): Accelerated production of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. Plant Cell Rep., *16*: 12–17.

Altpeter F., Diaz I., McAuslane H., Gaddour K., Carbonero P., Vasil I. K. (1998): Increased insect resistance in transgenic wheat stably expressing trypsin inhibitor CMe. Plant Biotechnology and *in vitro* Biology in the 2st Century, Jerusalem, Israel: 35.

Aspegren K., Mannonen L., Ritala A., Puupponen-Pimiä R., Kurtén U., Salmenkallio-Marttila M., Kauppinen V., Teeri T. H. (1995): Secretion of a heat-stable fungal β-glucanase from transgenic, suspension-cultured barley cells. Mol. Breed., *1*: 91–99.

Barro F., Cannell M. E., Lazzeri P. A., Barcelo P. (1998): The influence of auxins on transformation of wheat and Tritordeum and analysis of transgene integration patterns in transformants. Theor. Appl. Genet., *97*: 684–695.

Becker D., Brettschneider R., Lörz H. (1994): Regeneration of transgenic, microspore-derived, fertile barley. Theor. Appl. Genet., *89*: 525–533.

Becker D., Brettschneider R., Lörz H. (1994): Fertile transgenic wheat from microprojectile bombardment of scutellar tissue. Plant J., *5*: 299–307.

Bernard S., Brunel N., Nadaud I., Madéore A. (1998): The use of haploid tissues for wheat genetic transformation. In: Proc. 9th Int. Wheat Genet. Symp., Saskatchewan, Canada, Vol. 3: 165.

Blechl A. E., Le H. Q., Anderson O. D. (1998): Engineering changes in wheat flour by genetic transformation. J. Plant Physiol., *152*: 703–707.

Bommineni V. R., Jauhar P. P., Peterson T. S. (1997): Transgenic durum wheat by microprojectile bombardment of isolated scutella. J. Hered., *88*: 475–481.

Bommineni V. R., Bethune T. D., Hull K. L., Dunstan D. I. (1998): Expression of *uidA* under regulation of the ABA-inducible wheat *Em* promoter in transgenic white spruce somatic embryos. J. Plant Physiol., *152*: 455–462.

Brinch-Pedersen H., Galili G., Knudsen S., Holm P. B. (1996): Engineering of the aspartate family biosynthetic pathway in barley (*Hordeum vulgare* L.) by transformation with heterologous genes encoding feed-back-insensitive aspartate kinase and dihydrodipicolinate synthase. Plant Mol. Biol., *23*: 611–620.

Castillo A. M., Vasil V., Vasil I. K. (1994): Rapid production of fertile transgenic plants of rye (*Secale cereale* L.). Bio/Technol., *12*: 1366.

Creissen G., Smith C., Francis R., Reynolds H., Mullineaux P. (1990): *Agrobacterium* – and microprojectile – mediated viral DNA delivery into barley microspore-derived cultures. Plant Cell Rep., *8*: 680–683.

Dobrzanska M., Krysiak C., Kraszewska E. (1997): Transient and stable transformation of wheat with DNA preparations delivered by a biolistic method. Acta Physiol. Plant., *19*: 277–284.

Funatsuki H., Kuroda H., Kihara M., Lazzeri P. A., Müller E., Lörz H., Kishinami I. (1995): Fertile transgenic barley

Tab. 7. Přehled zkoušek GMO v Japonsku

Transgenní plodina (linie)	Firma	Gen (y)	Poznámka	I				II	
				(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)
RSV rezistentní rýže (16-2)	MAFFC	*P*	–	1990	1992	1993	1994	–	–
RSV rezistentní rýže (Kinuhikari)	PŘI	*CP*	–	1990	1992	1993	1994	–	–
Nízkoalergenová rýže (Kinuhikari)	Mitsui Toatsu	*AS-albumin*	pro allergické nemoci	1991	1993	1994	1995	–	–
Rýže s nízkým obsahem bílkovin (Akihikari)	KIK	*AS-gluterin*	pro Sake-brewing	1991	1993	1994	-	–	–
Kukuřice tolerantní k glufosinátu (T-14)	AgrEvo	*PAT*	z USA	USA	USA	1995	1997	1997	1997
(T-25)	AgrEvo	*PAT*	z USA	USA	USA	1995	1997	1997	1997
Kukuřice rezistentní k hmyzu (MON810)	Monsanto	*Bt(CrylA(b))*	z USA	USA	USA	1996	1996	1997	1997
Kukuřice rezistentní k hmyzu a tolerantní k glyfosátu (MON802)	Monsanto	*Bt(CrylA(b))*	z USA	USA	USA	1996	1997	–	–
Kukuřice rezistentní k hmyzu (Bt11)	Northrup King	*Bt(CrylA(b))*	z USA	USA	USA	1996	1996	1996	1996
Kukuřice rezistentní k hmyzu (Event176)	Ciba Seeds	*Bt(CrylA(b))*	z USA	USA	USA	1996	1996	1996	1996
Kukuřice tolerantní k glufosinátu (DLL25-DK566)	Dekalb	*PAT*	z USA	USA	USA	1996	1997	–	–
Kukuřice tolerantní k hmyzu (DBT418-DK566)	Dekalb	*Bt(CrylA(b)), PAT*	z USA	USA	USA	1997	1997	–	–
RSV rezistentní rýže (20–2)	MAFF	*CP*	–	1990	1992	1996	–	–	–
(21–3)	MAFF	*CP*	–	1990	1992	1996	–	–	–
Kukuřice tolerantní k glufosinátu (MON832)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1997	–	–	–
Kukuřice rezistentní k hmyzu (MON809)	Pioneer Hi-Bred International Inc.	*Bt(CrylA(b))*	z USA	USA	USA	1997	1997	–	1998
Kukuřice rezistentní k hmyzu a tolerantní k glufosinátu (CBH351)	Plant Genetic Systems	*Bt(CrylA(b), PAT*	z USA	USA	USA	1997	1999	–	–
Rýže s nízkým obsahem bílkovin (Tsuki-no-hikari: H39)	Japan Tabacco	*AS-gluterin*	pro Sake-brewing	1994	1995	1997	1998	–	–
(Tsuki-no-hikari: H75)	Japan Tabacco	*AS-gluterin*	pro Sake-brewing	1994	1995	1997	1998	-	–
Rýže tolerantní k bialafosu (No.4)	Iwate Biotechnology Research Center	*bar*		1997	1997	1998	–	–	–
Kukuřice tolerantní k glufosinátu (GA21)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1998	–	–	–
Kukuřice tolerantní k glufosinátu (DLL25)	Dekalb	*PAT*	z USA	USA	USA	1998	1999	–	–
Kukuřice tolerantní k hmyzu a glufosinátu (DBT418)	Dekalb	*Bt(CrylA), Pin‡U,bar*	z USA	USA	USA	1998	1999	–	–
Low gluterin Rice (KA45)	Japan Tabacco	*AS-gluterin*		1997	1998	1999	–	–	–
(KA48)	Japan Tabacco	*AS-gluterin*		1997	1998	1999	–	–	–
(KA119)	Japan Tabacco	*AS-gluterin*		1997	1998	1999	–	–	–
(KA130)	Japan Tabacco	*AS-gluterin*		1997	1998	1999	–	–	–
Rýže tolerantní k glufosinátu (LLRICE06)	AgrEvo Japan	*bar*	z USA	USA	USA	1999	–	–	–
Rýže tolerantní k glufosinátu (LLRICE62)	AgrEvo Japan	*bar*	z USA	USA	USA	1999	–	–	–
Kukuřice tolerantní k glufosinátu (MS6)	AgrEvo Japan	*bar, MS*	z USA	USA	USA	1999	–	–	–
Rýže tolerantní k glufosinátu (730)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1999	–	–	–
(1107)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1999	-	-	-
(1316)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1999	-	-	-
(1702)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1999	-	-	-
(1708)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1999	-	-	-
(1863)	Monsanto	*EPSPS*	z USA	USA	USA	1999	-	-	-

Vysvětlivky: I , (1), (2) – skleníkové pokusy; I, (3), (4) – polní pokusy; II (1) – bezpečné pro lidskou výživu; II (2) – bezpečné pro výkrm zvířat

generated by direct DNA transfer to protoplasts. Theor. Appl. Genet., *91*: 707–712.

Gless Ch., Lörz H., Jähne-Gärtner A. (1998): Transgenic oat plants obtained at high efficiency by microprojectile bombardment of leaf base segments. J. Plant Physiol., *152*: 151–157.

Guo G. Q., Maiwald F., Lorenzen P., Steinbiss H. H. (1998): Factor influencing tDNA transfer into wheat and barley cells by *Agrobacterium tumefaciens*. Cereal Res. Commun., *26*: 15–22.

Hagio T., Hirabayashi T., Machii H., Tomotsune H. (1995): Production of fertile transgenic barley (*Hordeum vulgare* L.) plant using the hygromycin-resistance marker. Plant Cell Rep.,*14*: 329–344.

Hagio T. (1998): Production of transgenic barley plants resistant to barley mild mosaic virus by particle bombardment. NIAR Ann. Rep.: 12.

Harwood W. A., Bean S. J., Chen D. F., Mullineaux P. M., Snape J. W. (1995): Transformation studies in *Hordeum vulgare* using a highly regenerable microspore system. Euphytica, *85*: 113–118.

Hänsch R., Koprek T., Heydemann H., Mendel R. R., Schulze J. (1996): Electroporation-mediated transient gene expression in isolated scutella of *Hordeum vulgare*. Physiol. Plant., *98*: 20–27.

He G. Y., Lazzeri P. A. (1998): Analysis and optimisation of DNA delivery into wheat scutellum and Tritordeum inflorescence explants by tissue electroporation. Plant Cell Rep., *18*: 64–70.

Heim U., Manteuffel R., Bäumlein H., Steinbiss H., Wobus U. (1995): Transient expression of a lysine-rich vicilin gene of *Vicia faba* in barley endosperm detected by immunological tissue printing after particle bombardment. Plant Cell Rep., *15*: 125–128.

Cheng M., Fry J. E., Pang S., Zhou H., Hironaka C. M., Duncan D. R., Conner T. W., Wan Y. (1997): Genetic transformation of wheat mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Physiol., *115*: 971–980.

Chibbar R. N., Kartha K. K., Datla R. S. S., Leung N., Caswell K., Mallard C. S., Steinhauer L. (1993): The effect of different promoter-sequences on transient expressiom of *gus* reporter grnr in cultured barley (*Hordeum vulgare* L.) cells. Plant Cell Rep., *12*: 506–509.

Chibbar R. N., Kartha K. K., Leung N., Qureshi J., Caswell K. (1991): Transient expression of marker genes in immature zygotic embryos of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) through microprojectile bombardment. Genome, *34*: 453–460.

Iser M., Fettig S., Scheyhing F., Viertel K., Hess D. (1999): Genotype-dependent stable genetic transformation in german spring wheat varieties selected for high regeneration potential. J. Plant Physiol., *154*: 509–516.

Kartha K. K., Chibbar R. N., Georges F., Leung N., Caswell K., Kendall E., Qureshi J. (1989): Transient expression of chloramphenicol acetyltransferase (CAT) gene in barley cell culture and immature embryos through microprojectile bombardment. Plant Cell Rep., *8*: 429–432.

Kihara M., OkadaY., Kuroda H., Saeki K., Yoshigi N., Ito K. (1997): Generation of fertile transgenic barley synthesizing thermostable b-amylase. EBC Congr.: 83–90.

Kihara M., Saeki K., Ito K. (1998): Rapid production of fertile transgenic barley (*Hordeum vulgare* L.) by direct gene transfer to promary callus-derived protoplasts. Plant Cell Rep., *17*: 937–940.

King S. P., Kasha K. J. (1994): Optimizing somatic embryogenesis and particle bombardment of barley (*Hordeum vulgare* L.) immature embryos. In Vitro Cell Dev. Biol., *30*: 117–123.

Koev G., Mohan B. R., Dinesh-Kumar S. P., Torbert K. A., Somers D. A., Miller W. A. (1998): Extreme reduction of disease in oats transformed with the 5'half of the barley yellow dwarf virus-PAV genome. Am. Phytopath. Soc., *88*: 1013.

Koprek T., Hänsch R., Nerlich A., Mendel R. R., Schulze J. (1996): Fertile transgenic barley of different cultivars obtained by adjustment of bombardment conditions to tissue response. Plant Sci., *119*: 79–91.

Knudsen S., Müller M. (1991): Transformation of the developing barley endosperm by particle bombardment. Planta, *185*: 330–336.

Lacock L., Botha A. M. (1998): Transient expression of marker genes in wheat callus using particle bombardment. In: Proc. 9th Int. Wheat Genet. Symp., Saskatchewan, Canada, Vol. 3: 20–23.

Leckband G., Lörz H. (1998): Transformation and expression of a stilbene synthase gene of *Vitis vinifera* L. in barley and wheat for increased fungal resistance. Theor. Appl. Genet., *96*: 1004–1012.

Lee B. T., Murdoch K., Topping J., Jones M. G. K., Kreis M. (1991): Transient expression of foreign genes introduced into barley endosperm protoplasts by PEG-mediated transfer or into intact endosperm tissue by microprojectile bombardment. Plant Sci., *78*: 237–246.

Lonsdale D. M., Lindup S., Moisan L. J., Harvey A. J. (1998): Using firefly luciferase to identify the transition from transient to stable expression in bombarded wheat csutellar tissue. Physiol. Plant., *102*: 447–453.

Lörz H., Becker D., Lütticke S. (1998): Molecular wheat breeding by direct gene transfer. Euphytica, *100*: 219–223.

Lupotto E., Cattaneo M., Borrelli G. M., Qiao Y. M., Ajmone Marsan P., Locatelli F., Torre A. D. P., Patrucco E. (1995): Plant regeneration from protoplasts of wheat (*Triticum aestivum* L.) and tools for genetic transformation in *Triticum species*. Cereal Res. Commun., *23*: 315–320.

McCormac A. C., Wu H., Bao M., Wang Y., Xu R., Elliott M. C., Chen D. F. (1998): The use of visual marker genes as cell-specific reporters of *Agrobacterium*-mediated T-DNA delivery to wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.). Euphytica, *99*: 17–25.

Ortiz J. P. A., Reggiardo M. I., Ravizzini R. A., Altabe S.G., Cervigni G. D. L., Spitteler M. A., Morata M. M., Elías F. E., Vallejos R. H. (1996): Hygromycin resistance as an efficient selectable marker for wheat stable transformation. Plant Cell Rep., *15*: 877–881.

Pauk J., Hänsh R., Schwarz G., Nerlich A., Monostori T., Mészáros A., Jenes B., Kertész Z., Matuz J., Schulze J., Mendel R. R. (1998): Transzgénikus búza (*Triticum aestivum* L.) előállítása Magyarországon. Növénytermelés, *47*: 241–251.

Pawlowski W. P., Torbert K. A., Rines H. W., Somers D. A. (1998): Irregular patterns of transgene silencing in allohexaploid oat. Plant Mol. Biol., *38*: 597–607.

Pawlowski W. P., Somers D. A. (1998): Transgenic DNA intergrated into the oat genome is frequently interspersed by host DNA. Proc. Natl. Acad. Sci.USA, *95*: 12106–12110.

Pena A., Lörz H., Schell J. (1987): Transgenic rye plants obtained by injecting DNA into young floral tillers. Nature, *325*: 274–276.

Rasco-Gaunt S., Riley A., Lazzeri P., Barcelo P. (1999): A facile method for screening for phosphinothricin (PPT)-resistant transgenic wheats. Mol. Breed., *5*: 255–262.

Ritala A., Mannonen L., Aspegren K., Salmenkallio-Marttila M., Kurtén U., Hannus R., Mendez Lozano J., Teeri T. H., Kauppinen V. (1993): Stable transformation of barley tissue culture by particle bombardment. Plant Cell Rep., *12*: 435–440.

Ritala A., Aspegren K., Kurtén U., Salmenkallio-Marttila M., Mannonen L., Hannus R., Kauppinen V., Teeri T. H., Enari T. M. (1994): Fertile transgenic barley by particle bombardment of immature embryos. Plant Mol. Biol., *24*: 317–325.

Ritala A., Aikasalo R., Aspegren K., Salmenkallio-Marttila M., Akerman S., Mannonen L., Kurtén U., Puupponen-Pimiä R., Teeri T. H., Kauppinen V. (1995): Transgenic barley by particle bombardment. Inheritance of the transferred gene and characteristics of transgenic barley plants. Euphytica, *85*: 81–88.

Salmenkallio-Marttila M., Aspegren K., Akerman S., Kurtén U., Mannonen L., Ritala A., Teeri, T. H., Kauppinen, V. (1995): Transgenic barley (*Hordeum vulgare* L.) by electroporation of protoplasts. Plant Cell Rep.,*15*: 301–304.

Serik O., Ainur I., Murat K., Tetsuo M., Masaki I. (1996): Silicon carbide fiber-mediated DNA delivery into cells of wheat (*Triticum aestivum* L.) mature embryos. Plant Cell Rep., *16*: 133–136.

Stoger E., Williams S., Christou P., Down R. E., Gatehouse J. A. (1999): Expression of the insecticidal lectin from snowdrop (*Galanthus nivalis* agglutinin; GNA) in transgenic wheat plants: effects on predation by the grain aphid *Sitobion avenae*. Mol. Breed., *5*: 65–73.

Takumi S., Shimada T. (1996): Production of transgenic wheat through particle bombardment of scutellar tissue: frequency is influenced by culture duration. J. Plant Physiol., 149: 418–423.

Takumi S., Shimada T. (1997): Genetic transformation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) through particle bombardment of scutellar tissues. Plant Biotechnol., *14*: 151–156.

Tingay S., McElroy D., Kalla R., Fieg S., Wang M., Thornton S., Brettell R.(1997): *Agrobacterium tumefaciens*-mediated barley transformation. Plant J., *11*: 1369–1376.

Torbert K. A., Rines H. W., Somers D. A. (1995): Use of paromomycin as a selective agent for oat transformation. Plant Cell Rep.,*14*: 635–640.

Torbert K. A., Rines H. W., Somers D. A. (1998): Trnsformation of oat using mature embryo-derived tissue cultures. Crop Sci., *38*: 226–231.

Travella S., Snape J. W., Harwood W. A. (1998): New techniques for gene transfer in barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Biotechnology and *in vitro* Biology in the 21st Century, Jerusalem, Israel: 181.

Vasil V., Brown M., Re D., Fromm M. E., Vasil I. K. (1991): Stably transformed callus lines from microprojectile bombardment of cell suspension cultures of wheat. Bio/Technol., *9*: 743–747.

Vasil V., Castillo A. M., Fromm M. E., Vasil I. K. (1992): Herbicide resistant fertile transgenic wheat plants obtained by microprojectile bombardment of regenerable embryogenic callus. Bio/Technol., *10*: 667–674.

Vasil V., Srivastava V., Castillo A. M., Fromm M. E., Vasil I. K. (1993): Rapid production of transgenic wheat plants by direct bombardment of cultured immature embryos. Bio/Technol., 11: 1553–1557.

Wan Y., Lemaux P. G. (1994): Generation of large numbers of independently transformed fertile barley plants. J.Plant Physiol., *104*: 37–48.

Weeks T. J., Anderson O. D., Blechl A. E. (1993): Rapid production of multiple independent lines of fertile transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Plant Physiol., *102*: 1077–1084.

Witrzens B., Brettell R. I. S., Murray F. R., McElroy D., Li Z., Dennis E. S. (1998): Comparison of three selectable marker genes for transformation of wheat by microprojectile bombardment. Aust. J. Plant Physiol., *25*: 39–44.

Wu H., McCormac A. C., Elliott M. C., Chen D. (1998): *Agrobacterium*-mediated stable transformation of cell suspension cultures of barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Cell Tissue Organ Cult., *54*: 164–171.

Yao Q. A., Kasha K. J. (1997): Potential of biolistic transformation of barley microspores based on viability and transient β-glucuronidase activity. Genome, *40*: 639–643.

Kontaktní adresa:

Ing. Ladislav Kučera, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: + 420 2 33 02 24 47, fax: + 420 2 33 02 22 86, e-mail: kucera@hb.vurv.cz

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 15 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.

Detailed instructions to authors are published in No. 1 of this volume.

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 15 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 zkratek jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratek 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 nedostatcích 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 s PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

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

Podrobné pokyny pro autory jsou uveřejněny v čísle 1 tohoto ročníku.

CZECH JOURNAL OF GENETICS AND PLANT BREEDING

Volume 36, 2000, No. 2

CONTENTS

Dotlačil L., Hermuth J., Stehno Z., Manev M.: Diversity in european winter wheat landraces and obsolete cultivars 29

Hanišová A., Horčička P., Kubánek J.: Mixograph test in wheat breeding programme 37

Yadav H. P., Prem Sagar, Sabharwal P. S.: Inheritance of smut resistance in pearl millet 45

Šíp V., Stuchlíková E.: Evaluation of the response of selected winter wheat cultivars to artificial infection with *Fusarium culmorum* in field conditions 49

Petr P., Pavlas J.: Possibility of use of south american sources of field resistance to *Phytophthora infestans* in potato breeding in the Czech Republic 59

INFORMATION – STUDY – REPORTS

Kučera L., Ohnoutková L., Müllerová E., Ovesná J.: Transgensis in cereals 67

OBSAH

Dotlačil L., Hermuth J., Stehno Z., Manev M.: Diverzita evropských krajových a starých odrůd pšenice ozimé 29

Hanišová A., Horčička P., Kubánek J.: Mixografické hodnocení ve šlechtění pšenice 37

Yadav H. P., Prem Sagar, Sabharwal P. S.: Dědičnost rezistence vůči sněti u *Penninsetum glaucum* 45

Šíp V., Stuchlíková E.: Hodnocení reakce vybraných odrůd pšenice ozimé na infekci *Fusarium culmorum* v polních podmínkách 49

Petr P., Pavlas J.: Využitelnost jihoamerických zdrojů polní rezistence k *Phytophthora infestans* ve šlechtění brambor v české republice 59

INFORMACE – STUDIE – ZPRÁVY

Kučera L., Ohnoutková L., Müllerová E., Ovesná J.: Genetická transgenoze u obilnin 67

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Černý J.: Za Ing. Milošem Hanišem, CSc. – šlechtitelem pšenice 48

Škorpík M.: K osmdesátinám prof. RTDr. Jana Roda, DrSc. 66

Vědecký časopis CZECH JOURNAL OF GENETICS AND PLANT BREEDING (GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ) ● Vydává Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Redakce: Slezská7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/22 52 04 11, fax: 02/22 51 40 03, e-mail: editor@uzpi.cz ● Sazba a tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 2000

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2
Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou, s. p., Odštěpný závod Střední Čechy, č. j. NOV-6985/00-P/1 dne 9. 5. 2000