

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH
INFORMACÍ

GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ
GENETICS AND PLANT BREEDING

3

ROČNÍK 29 (LXVI)
PRAHA 1993
ISSN 0036-5378

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD
SLOVENSKÁ AKADÉMIA PŮDOHOSPODÁRSKYCH VIED

GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ

GENETICS AND PLANT BREEDING

REDAKČNÍ RADA – EDITORIAL BOARD

Předseda – Head of the Editorial Board

Ing. Martin Užík, CSc.

Členové redakční rady – Members of the Editorial Board

doc. ing. Jiří F o l t ý n, DrSc.

prof. ing. Oldřich C h l o u p e k, DrSc.

ing. Alois J i r s á k, CSc.

ing. Josef P e š e k, DrSc.

ing. Marie R a s o c h o v á, CSc.

prof. ing. Jan R o d, DrSc.

ing. Václav Š í p, CSc.

ing. Jaroslav Š p u n a r, CSc.

RNDr. Dana Š u b o v á, CSc.

ing. Jaroslav T u p ý, DrSc.

ing. Alžběta Ž o f a j o v á, CSc.

Vedoucí redaktorka – Editor-in-chief

MVDr. Eva M a c h e j o v á

© Institute of Agricultural and Food Information, Prague 1993

Contact address: Slezská 7, CS-120 56 Prague 2, Czech Republic, tel. 251 098

Genet. a Šlecht., 29, 1993 (3) : 161-244

IDENTIFICATION OF SOYBEAN CULTIVARS USING DRY SEED CHARACTERS

Ivo WIESNER, Pavel HOFÍREK¹, Eva PIPPALOVÁ¹

Institute of Plant Molecular Biology, AS CR, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice;

¹*Research and Breeding Station, 687 24 Uherský Ostroh, Czech Republic*

Dry seeds of 50 soybean cultivars were scored for their differences in protein and isoesterase composition using high resolution electrophoresis. The cultivars were divided into four groups according to their protein patterns. The discrimination inside a protein group was then based on isoesterase patterns. The SD and Rcb parameters were defined as numerical characteristics of isoesterase patterns. Hence, the SD-Rcb cultivar catalogue was created. The hilum and seed color (striped phenotype), and seed coat peroxidase activity were used as the additional markers from dry seeds. Cultivar catalogue derived from the protein and isoesterase zymograms was used together with three additional seed characters to differentiate among 50 soybean cultivars. Sixty four percent of unique cultivar discrimination was achieved. Additionally, six couples and two triplets of mutually indistinguishable cultivars were obtained from individual discrimination procedures. The indistinguishable triplet from basic set of 50 cultivars was considered as 94% success. A cultivar catalogue was shown to represent a useful tool for routine determination of an unknown seed lot. A polynomial relation was described between seed yield per area and SD isoesterase parameter. The value of SD parameter to mark seed yield has to be further tested.

soybean (*Glycine max.* L.); isoforms; isoesterase zymograms; protein zymograms

A dramatic increase in the number of new soybean cultivars sets higher demands on those methods used to distinguish one cultivar from another. Generally, sensitive cultivar resolution can be achieved using RFLPs (M u e h l b a u e r et al., 1991), though for commercial use the expenses, availability of suitable probes and requirement for partial sequence knowledge limit the application. Moreover, as soybean is a self-pollinator with a narrow genetic base, DNA polymorphism is more difficult to be detected. Thus, the potential of effective and less expensive protein and isozyme markers (C o o k e, 1984) should be first fully exhausted.

That was the reason we have developed a high resolution modification of polyacrylamide electrophoresis (W i e s n e r, 1991). Up to 18 anodic soybean seed isoesterase bands could be resolved in comparison with the previous papers, where only five, isoesterase bands (P a y n e and K o s z y k o w s k i, 1978) or seven anodic bands (B u i l t and K i a n g, 1989) were resolved. The most

complex soybean electrophoretic pattern reported so far was found for diaphorase, namely, up to 12 bands (K i a n g and G o r m a n, 1983; C h e n et al., 1989), and for tetrazolium oxidase isoforms, up to 13 bands (G o r m a n and K i a n g, 1977).

Using our high resolution method, the effects of phenolic compounds and gelating proteins in the seed (K u d o u et al., 1991, N i s h i n a r i et al., 1991) have been minimized. Especially the retardation of the products of protein gelation in the upper stacking gel was achieved.

The main aim of this paper was to demonstrate a new possible strategy to soybean cultivar identification using SD-Rcb cultivar catalogue. This catalogue is derived from the data of high resolution electrophoresis of general proteins and esterase isoforms obtained only from dry seeds.

MATERIAL and METHODS

We use herein the term cultivar even if non-registered improved genotypes or breeding intermediates are under consideration.

Seed samples of 50 cultivars of soybean from the world collection maintained at the Research and Breeding Station Uherský Ostroh were used and are listed in Table I.

Ten dry mature seeds were ground and extracted with 400 mM TRIS-HCl buffer pH 6.8 containing 200 mM sucrose for one hour at 4 °C. After the centrifugation (29 000 x g for 30 minutes) the supernatant was immediately loaded onto a well of a vertical polyacrylamide gel prepared after modification of W i e s n e r (1987).

The concentration of upper stacking gel was T = 4.79 %, that of the resolving gel was T = 10.77 % for isoesterase separations, and T = 12.57 % for Coomassie-Blue stained proteins. A modified discontinuous buffer system was used, which has been described elsewhere (W i e s n e r, 1991).

α -naphthyl acetate and Fast Blue RR were used to detect isoesterases in the gel (L o j d a et al., 1979). A modified method of colloidal Coomassie Brilliant Blue R-250 prepared on trichloroacetic acid was used to stain the seed proteins (W i e s n e r, 1989).

Each cultivar was analyzed twice using different extracts for isoesterase composition as well as for protein composition. The extract of cv. Sluna was always loaded in two tracks to serve as an internal standard. For comparison of isoesterase zymograms the intensity of individual bands was classified using the following arbitrary scale:

- 0 band absent,
- 1 band hardly visible,
- 2 band sharp and of a weak intensity,
- 3 band sharp and of a high intensity,
- 4 band diffusive and of a high intensity.

Eventual intermediate state between two integers was described using the half classification (0.5, 1.5 etc).

I. List of surveyed cultivars and related characteristic

Cultivar	Number	Country of origin	Maturity classification	Cultivar	Number	Country of origin	Maturity classification
Dunajka	1	CSFR	00	Maple Amber	26	Canada	00
Aida	2	CSFR	00	Nattawa	27	Canada	00
Sluna	3	CSFR	00	Amurskaja 310	28	Canada	00
Polanka	4	CSFR	00	Iskra	29	USSR	00
Maple Arrow	5	Canada	00	Tavolga	30	USSR	00
BS-31	6	Hungary	0	Niva	31	USSR	00
Smena	7	USSR	00	Fiskeby V	32	USSR	000
Altona	8	Canada	00	820-2-7	33	Sweden	000
Evans	9	USA	0	Balesta	34	Sweden	000
Flambeau	10	Canada	00	Toury	35	France	00
Wilkin	11	USA	0	TB-1	36	France	00
840-7-3	12	Sweden	00	S-1346	37	CSFR	0
Maple Arrow INS	13	Canada	00	Kijevskaja 27	38	USA	00
Maple Inisle	14	Canada	00	UO-7-90	39	CSFR	00
Dornburg 55	15	Germany	000	Ajma	40	Poland	00
Polan	16	Poland	000	Progres	41	Poland	000
LS-8	17	Poland	00	OT-80-124	42	Canada	000
LS-344	18	Poland	00	ISz-10	43	Hungary	00
OT-85-5	19	Canada	00	ISz-13	44	Hungary	0
Kalmit	20	Germany	00	HM-AS-84	45	CSFR	00
Alvia	21	Switzerland	00	VNIIS-1	46	USSR	00
Silvia	22	Switzerland	00	011-A	47	USA	0
Ceresia	23	Switzerland	00	120-811-9	48	USA	0
Maple Presto	24	Canada	000	111-9006	49	USA	0
Maple Donovan	25	Canada	0	120 91	50	Switzerland	00

The electrophoretic data were computer-processed according to the relevant algorithms of cluster analysis of nearest neighbour with Euclidean distances (H e b á k and H u s t o p e c k ý, 1987).

The SD and Rcb parameters were defined herein to quantify the isoesterase patterns:

$$SD = \sum_{i=1}^n a_{id} \quad (1)$$

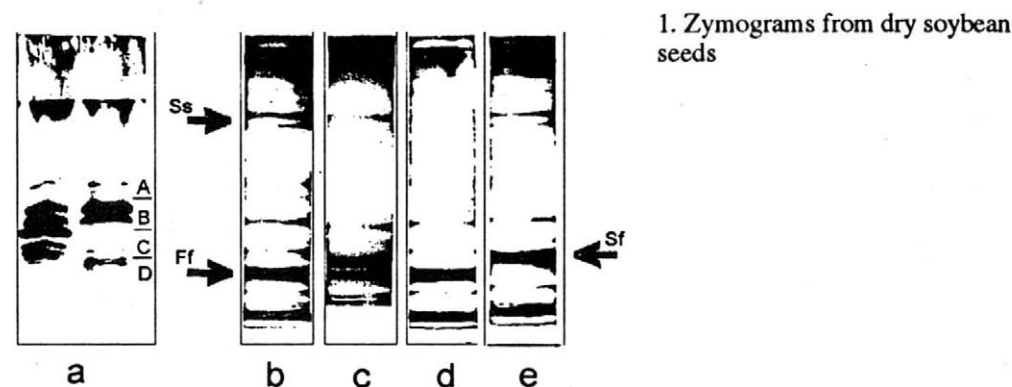
where: a_{id} - intensity of the i -th band from zymogram domain D (Fig. 1) expressed in the arbitrary classification scale

n - the total number of bands in zymogram domain D

$$Rcb = \frac{\sum_{i=1}^m a_{ic}}{\sum_{i=1}^p a_{ib}}$$

where: a_{ic} (a_{ib}) - summarized intensity of bands from zymogram domain C (B) - Fig. 1

m (p) - the total number of bands in zymogram domain C (B)



a - high resolution isoesterase pattern of cv. Sluna (left) and cv. Amurskja 310 (right). A, B, C, and D areas correspond with domains of isoesterase zymograms. The retarded gelating boundary is well seen in the upper stacking gel

b - soluble protein pattern of the first protein group (strong Ss, weak or no Sf and strong Ff)

c - soluble protein pattern of the second protein group (strong Ss, Sf, and Ff)

d - soluble protein pattern of the third protein group (weak or no Ss and Sf, strong Ff)

e - soluble protein pattern of the fourth protein group (strong Ss and Sf, weak or no Ff)

Ss - absorbance of the couple of two slowly migrated bands

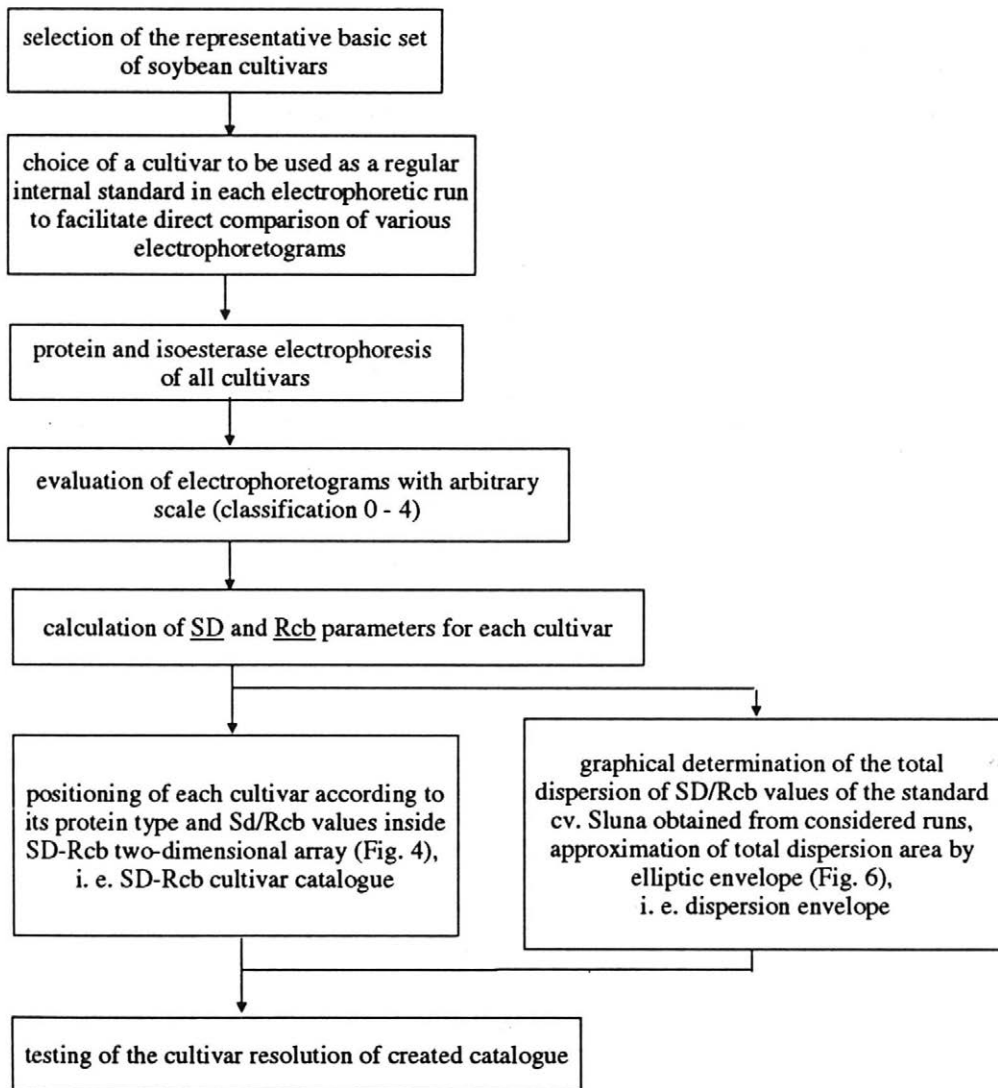
Sf - absorbance of the slower band from fast migrated band couple

Ff - absorbance of the faster band from fast migrated band couple

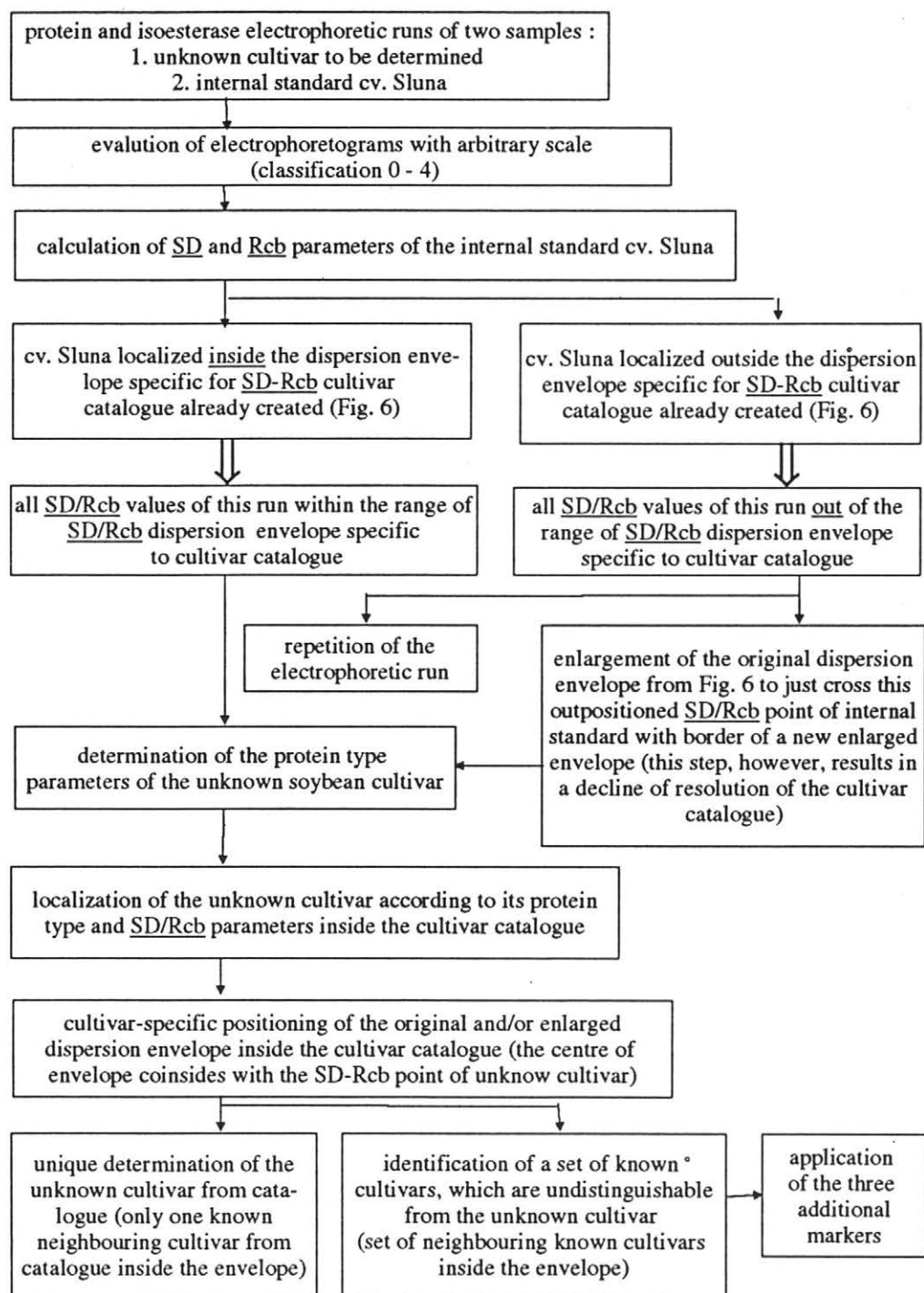
The anode is situated at the bottom of figure.

Domain D was quantified by SD parameter to exploit cultivar-specific polymorphism of this region of isoesterase zymograms. Domains C and D were quantified by Rcb parameter to take advantage of their cultivar-specific ratio revealed during the evaluation of zymograms.

The simplified classification of hilum color (clear, brown, and black), and the estimation of *in vitro* H₂O₂-guaiacol peroxidase activity in seed coats (Wagner and McDonald, 1982) and the color of striping on seed coats (i. e. striped phenotype according to Chandlee and Vodkin, 1989) were tested as additional qualitative traits.



2. Procedure to creation of the SD-Rcb catalogue



3. Procedure to cultivar determination of an unknown seed lot

Four quantitative agronomic traits were also compared to the electrophoretic data to search for an eventual relation. The data of seed yield per area, plant length, number of pods per plant, and duration of vegetation period were collected at the Research and Breeding Station Uherský Ostroh.

Step-by-step procedure to create SD-Rcb catalogue is given in the scheme in Fig. 2. Step-by-step procedure to determine an unknown soybean cultivar using already available SD-Rcb catalogue is given in the scheme in Fig. 3.

RESULTS and DISCUSSION

1. Protein and isoesterase cultivar fingerprinting

The protein and isoesterase complexes were tested for their potential to distinguish among 50 soybean cultivars. No intracultivar variability was detected in protein patterns.

Intracultivar variability of isoesterase patterns was tested in more detail for standard cv. Sluna. Its isoesterase patterns were indistinguishable under the applied evaluation strategy. Therefore, this system was used to identify cultivar differences.

The screened soybean cultivars could be unambiguously divided into four groups, which graphically correspond to SD-Rcb quadrants (Fig. 4) according to four recognized types of protein patterns (Fig. 1). For a graphic allocation of protein groups into SD-Rcb quadrants the sign (+, -) was arbitrarily affixed to SD, or Rcb data resp. (Fig. 4).

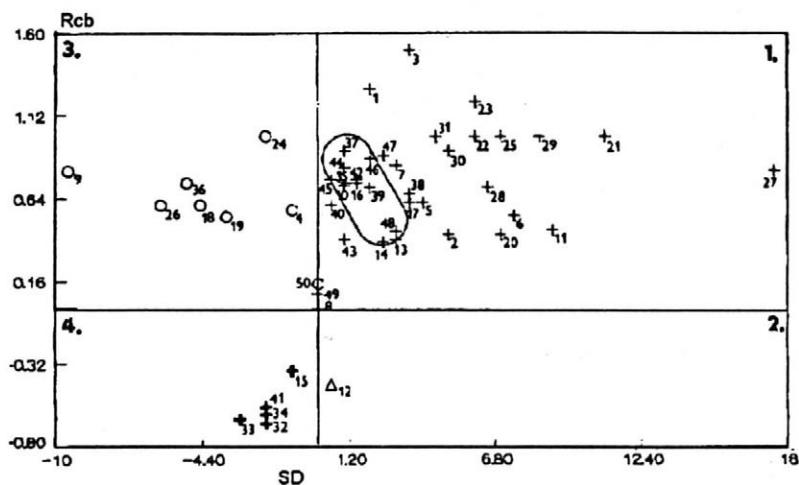
The cultivar discrimination according to protein patterns confirmed the statement that soybean seed proteins are useful particularly for assortment into broad cultivar categories (O r f et al., 1980).

It is interesting, that according to the maturity classification all cultivars from the fourth protein group belong to 000 group and the core of the third protein group to 00 group (Fig. 4).

The isoesterase patterns (Fig. 1) were then used for the cultivar discrimination inside each protein group. The detailed cultivar clustering was explored inside the first most abundant protein group with the consideration of all isoesterase bands from all A-D domains (Fig. 1). The clustering (Fig. 5) was noticed only up to the distance of $De = 1.8$, what represents 46 % cultivars from the first protein group. Therefore the SD-Rcb catalogue was further created and considered for convenient discrimination of 50 cultivars as well as for possibility to determine an unknown seed lot.

2. The strategy to wards cultivar identification based on SD-Rcb catalogue

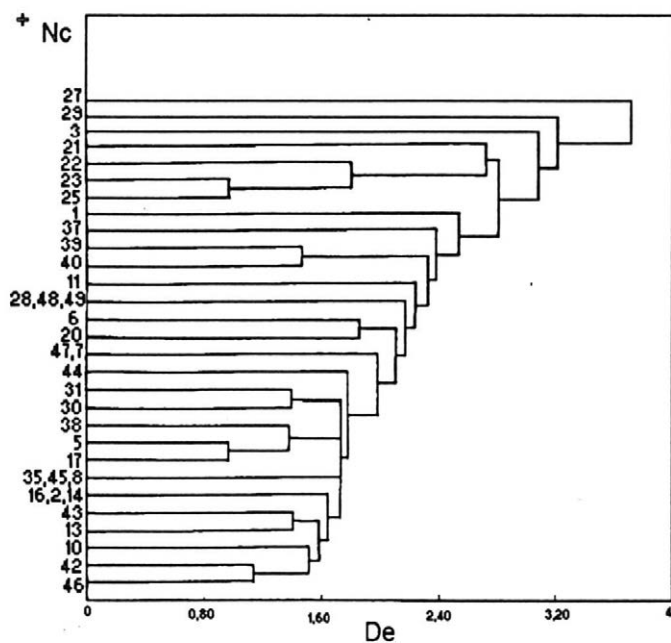
The regular use of internal standard cv. Sluna in each electrophoretic run enabled the direct graphic determination of total dispersion of SD and Rcb parameters obtained from individual runs. In this way the comparison of zymograms from



4. SD - Rcb soybean cultivar catalogue

Soybean cultivars could be divided into four protein groups (bold numerals in each quadrant) according to their protein patterns. The cultivar distribution inside a protein group was according to SD, Rcb parameters derived from isoesterase patterns.

grams from different runs was possible. Determination of the type of protein pattern together with calculation of SD and Rcb parameters for the total set of tested cultivars facilitated then the creation of cultivar catalogue (Fig. 2). Such a cata-



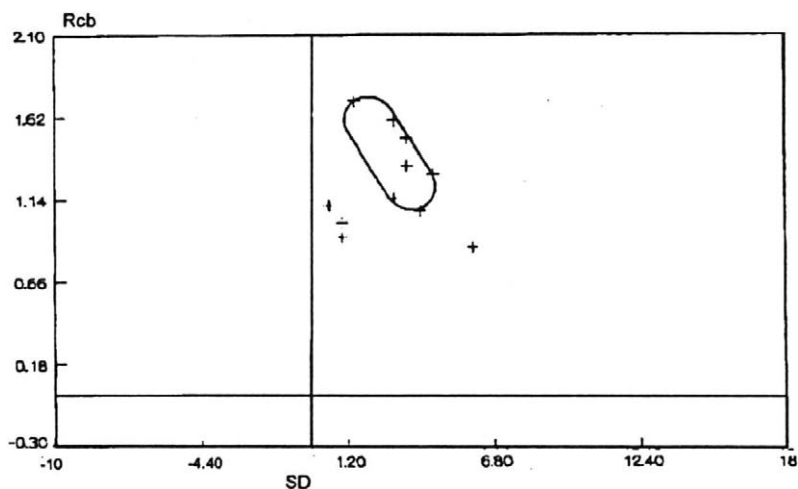
5. The detailed cultivar clustering in the first protein group according to isoesterase patterns

De - Euclidean distance
Nc - number of a cultivar

logue based on electrophoretic analyses may be then routinely exploited for the cultivar identification of an unknown seed lots during commercial processing.

We derived general procedure to determine an unknown cultivar according to the markers obtainable totally only from dry seeds as can be seen in Fig. 3. The creation of cultivar catalogue and introduction of dispersion-envelope assessment for cultivar identification represent a modified analogy to the discriminative catalogue of isohormones of the human growth hormone based on the quantitative electrophoresis (S k y l e r et al., 1977).

We tested the efficiency of the SD-Rcb catalogue in cultivar identification on the most abundant region within the first protein group. We simulated the most stringent conditions in a following way: let the unknown seed lot to be cultivar-determined was localized according to its SD/Rcb values onto the position amidst cv. 16 (Polan), cv. 42 (OT-80-124), and cv. 39 (UO-7-90) in the first quadrant (cf. the corresponding dispersion envelope in Fig. 4). Let the internal standard cv. Sluna analyzed in the same run was localized inside the original dispersion envelope derived for the SD-Rcb catalogue in the graphic way (Fig. 6). The internal localization means the deviation of the run just analyzed was within the SD, Rcb variation limits already accepted for catalogue. Therefore no enlargement of the dispersion envelope was necessary.



6. Derivation of the dispersion envelope

Range of the dispersion envelope is shown for isoesterase patterns of internal standard cv. Sluna analyzed in 12 separate runs (these 12 runs covered twice each of the screened cultivars). Such runs were chosen from the all 12 runs performed which just embrace all 50 cultivars in one repetition. The area of dispersion obtained after plotting SD, Rcb parameters of the chosen runs was then approximated by elliptic envelope. This area expresses the actual experimental dispersion valid for the SD-Rcb catalogue constructed on the base of these chosen runs.

After such an arrangement this dispersion envelope comprised 12 cultivars (Fig. 4). It is evident that any other location of dispersion envelope throughout the SD-Rcb catalogue would involve fewer cultivars inside the envelope, and thus better score for cultivar-resolution potency. This result indicates, that the unknown seed lot is identical with that of 12 cultivars located inside the envelope, provided SD-Rcb catalogue comprises all possible cultivars the unknown seed lot could belong to.

In other words, we couldn't distinguish among 12 out of total 50 soybean cultivars, which implicates 76% success for identification procedure. Discrimination among these 12 cultivars may be done by invention of further marker systems.

According to Fig. 4, 22 % of all 50 catalogue cultivars can be already uniquely distinguished, as they have no neighbouring cultivar within dispersion envelope when catalogue-specific dispersion envelope is positioned on them (positions of these envelopes are not shown).

To enhance further the cultivar identification potential, the protein and isoesterase marker systems were supplemented with three additional markers derived from dry seeds, i.e. hilum color, *in vitro* peroxidase activity of a seed coat, and a type of striped phenotype. The final result after application of all markers, that is achieved level of a unique cultivar determination and level of success is given in Table II.

Finally, we obtained six couples and two triplets of cultivars mutually indistinguishable within these groups:

Maple Arrow x Kijevskaja
 Smena x LS-8
 Flambeau x UO-7-90
 Silvia x Ceresia x Amurskaja 310
 Tavoľga x Niva
 820-2-7 x Balesta x Progres
 T-80-124 x VNIIS-1
 ISz-13 x HM-AS-84

All these groups were distinguishable from each other.

II. Achieved success and level of unique cultivar determination among 50 estimated soybean cultivars

Marker systems	Success (%)	Unique determination (%)
hil + prx + sc	78	6
protein + isoesterase systems	76	22
hil + prx + sc + protein + isoesterase systems	94	64

Success - 100% subtracted by a percentage of cultivars indistinguishable after an individual determination process

hil - hilum colour

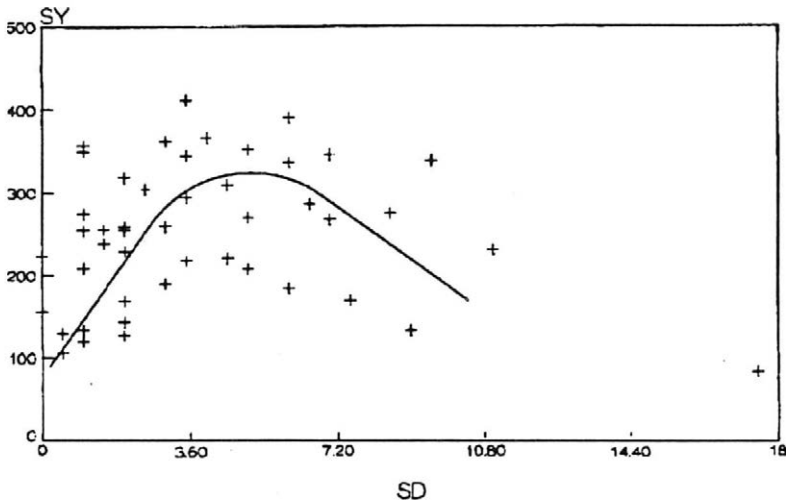
prx - *in vitro* stained guaiacol-peroxidase activity of dry seed coat

sc - striped phenotype (no, brown or black strips on yellow background of the seed coat)

3. Quantitative agronomic traits in relation to the electrophoretic data

Seed yield per area, plant length, number of pods per plant, and duration of vegetation period were tested for relation with SD and Rcb parameters.

Most combinations expressed only a random distribution. Formal relation could be described between seed yield per area (SY) and SD parameter (Fig. 7). Some heterogeneity was also revealed when plotting plant length (PL) versus SD parameter, where two subgroups could have been distinguished (Fig. 8). However, a real value of SD parameter to monitor these traits will have to be further tested.

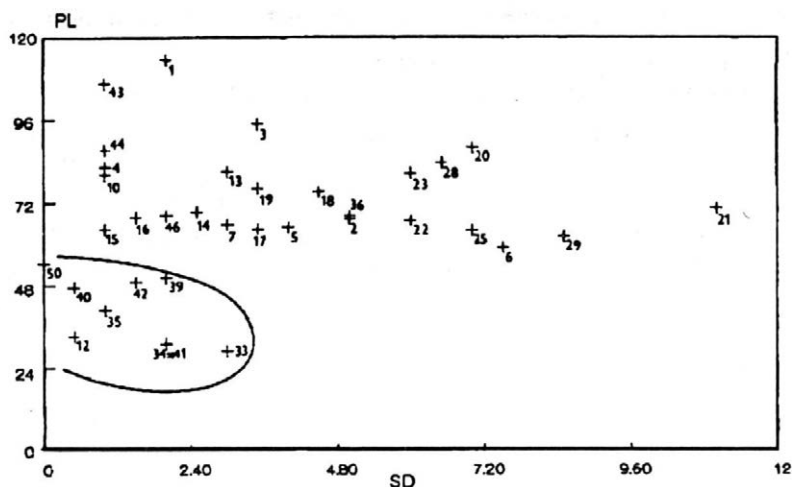


7. The polynomial-regression relation between cultivar seed yield per area (SY) and SD parameter derived from D domain of isoesterase electrophoretograms

The regression was approximated by eq.: $SY = 190 + 27 SD - 2 SD^2$

We can conclude, that herein chosen soybean cultivar markers derived only from dry seed traits and the evaluation strategy were shown to represent a powerful enhancer of soybean cultivar identification and that SD-Rcb catalogue represents a useful base for detailed and fast cultivar identification using only dry seed characters.

For a practical application, however, the SD-Rcb catalogue will have to be further supplemented with additional cultivars to cover all cultivars currently used in commercial process. Moreover, seasonal and environmental influences as well as an effect of cultivation, harvesting, and storage technology on the variation of dry seed markers will have to be tested before the approach of SD-Rcb catalogue can be routinely exploited for cultivar identification.



8. The plot of cultivar plant length (PL) versus SD parameter derived from domain D of isoesterase electrophoreograms

The more homogenous cluster of cultivars is separated by a curve.

Acknowledgment

We would like to thank to Dr. David T h u r m a n from the University of Liverpool for critical reading of the manuscript.

References

- BUILT, C. J. - KIANG, Y. T.: Inheritance and genetic linkage tests of an esterase locus in the cultivated soybean, *Glycine max.* J. Heredity, 80, 1989 : 82-85.
- CHANDLEE, J. M. - VODKIN, L. O.: Unstable expression of a soybean gene during seed coat development. Theor. appl. Genet., 77, 1989 : 587-594.
- CHEN, L.-F. O. - HU, W.-Ch. - CHEN, S.-Ch. G.: Analysis of zymogram variations on cultivated soybean [*Glycine max.* (L.) Mer.] of Taiwan. Bot. Bull. Acad. sin. Taipei, 30, 1989 : 179-190.
- COOKE, R. J.: The characterization and identification of crop cultivars by electrophoresis. Electrophoresis, 5, 1984 : 59-72.
- GORMAN, M. B. - KIANG, Y. T.: Variety-specific electrophoretic variants of four soybean enzymes. Crop Sci., 17, 1977 : 963-965.
- HEBÁK, P. - HUSTOPECKÝ, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. Praha, SNTL 1987.
- KIANG, Y. T. - GORMAN, M. B.: Soybean. In: TANKSLEY, S. D. - ORTON, T. J. (Eds.): Isozymes in Plant Genetics and Breeding. Amsterdam, Elsevier 1983 : 295-328.

- KUDOU, S. - SHIMOYAMADA, M. - IMURA, T. - UCHIDA, T. - OKUBO, K.: A new isoflavone glycoside in soybean seeds (*Glycine max.* Merrill.), glycitein, 7'-O- β -D-(6'-O-acetyl) glucopyranoside. *Agric. biol. Chem.*, 55, 1991 : 859-860.
- LOJDA, Z. - GOSSRAU, R. - SCHIEBLER, T. H.: *Enzyme Histochemistry. A Laboratory Manual.*, Berlin, Springer Verlag 1979.
- MUEHLBAUER, G. J. - STASWICK, P. E. - SPECHT, J. E. - GRAEF, G. L. - SCHOEMAKER, R. C. - KEIM, P.: RFLP mapping using near-isogenic lines in the soybean [*Glycine max.* (L.) Merr.]. *Theor. appl. Genet.*, 81, 1991 : 189-198.
- NISHINARI, K. - KOHYAMA, K. - ZHANG, Y. - KITAMURA, K. - SUGIMOTO, T. - SAIO, K. - KAWAMURA, Y.: Rheological study on the effect of the A5 subunit on the gelation characteristics of soybean proteins. *Agric. biol. Chem.* 55, 1991 : 351-355.
- ORF, J. H. - KAIZUMA, N. - HYMOWITZ, T.: Six soybean seed protein electrophoretic variants. *Seed Sci. Technol.*, 8, 1980 : 401-406.
- PAYNE, R. C. - KOSZYKOWSKI, T. J.: Esterase isozyme differences in seed extracts among soybean cultivars. *Crop Sci.*, 18, 1978 : 557-560.
- SKYLER, J. S. - BAUMANN, G. - CHRAMBACH, A.: A catalogue of isohormones of human growth hormone based on quantitative polyacrylamide gel electrophoresis. *Acta endocrin., suppl.* 219, 1977 : 5-40.
- WAGNER, C. K. - McDONALD, M. B.: Rapid laboratory tests useful for differentiation of soybean (*Glycine max.*) cultivars. *Seed Sci. Technol.*, 10, 1982 : 431-449.
- WIESNER, I.: Modifikovaná příprava polyakrylamidového gelu pro elektroforézu. *Chem. Listy*, 81, 1987 : 654-658.
- WIESNER, I.: Esterasy rodu *Allium*. Mikroheterogenita a molekulární markery. [Disertační práce.] Praha, 1989. - ÚEB ČSAV.
- WIESNER, I.: High resolution electrophoresis of soybean seed isoesterases. *Electrophoresis*, 12, 1991 : 386-388.

Received for publication June 21, 1993

I. Wiesner, P. Hofírek, E. Pípalová (Ústav molekulární biologie rostlin, AV ČR, České Budějovice; Výzkumný a šlechtitelský ústav technických plodin a luskovin, Uherský Ostroh)

Identifikace odrůd soji užitím znaků odvozených ze suchých semen

Byly sledovány rozdíly ve složení proteinových a izoesterázových zymogramů suchých semen 50 odrůd soji (*Glycine max.* L.) za použití elektroforetické techniky v modifikaci pro vysoké rozlišení jednotlivých izoforem v gelu.

Odrůdy byly rozděleny do čtyř skupin na základě proteinových spekter. Detailní rozdělení uvnitř každé proteinové skupiny bylo provedeno podle izoesterázových zymogramů. Byl definován SD a Rcb parametr jako numerické charakteristiky izoesterázových zymogramů a na jejich základě byl vytvořen katalog zkoumaných odrůd.

Jako dodatečný marker zjistitelný ze suchých semen bylo sledováno zbarvení hila, celého semene (tzv. striped fenotyp) a aktivita peroxidázy.

Katalog odrůd odvozený z proteinových a izoesterázových zymogramů byl spolu se třemi dodatečnými markery použit k rozlišení 50 odrůd soji. Bylo dosaženo 64%

rozlišení individuálních odrůd. Dále bylo rozlišeno šest dvojic a dvě trojice odrůd. Odrůdy z různých dvojic či trojic byly vzájemně plně rozlišitelné. Nejméně úspěšným výsledkem identifikace neznámé odrůdy se tedy může stát trojice vzájemně nerozlišitelných odrůd, což odpovídá 94% úspěšnosti v rámci sledovaných 50 odrůd soji.

SD-Rcb katalog odrůd je prezentován jako základ pro efektivní strategii identifikace neznámého genotypu během šlechtitelského procesu, identifikace neznámé šarže semen a pro zjišťování případných příměsí.

Byla popsána polynomická závislost mezi výnosem semen z plochy a SD parametrem. Vhodnost SD parametru jako markeru výnosu semen je otázkou dalších experimentů.

soja (*Glycine max* . L.); izoformy; izoesterázové zymogramy; proteinové zymogramy

ANALÝZA VYBRANÝCH ZNAKŮ U DIHAPLOIDNÍCH LINIÍ A ODPOVÍDAJÍCÍCH POTOMSTEV GENERACE F₂ U PŠENICE OBECNÉ

Ladislav KUČERA, Václav ŠÍP, Antonín ŠAŠEK, Miroslav ŠKORPÍK

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

U souboru dihaploidních linií a jim odpovídajících náhodně vybraných potomstev F₂ generace odvozených ze tří křížení pšenice ozimé byl sledován výskyt a parametry vybraných znaků v laboratorních a polních podmínkách. Byly zjištěny průkazné odchylky v četnostech sledovaných markerů (1BL/1RS translokace, alelické gliadinové bloky, rezistence vůči rzi travní). Zaznamenány byly rovněž průkazné rozdíly ve výšce rostlin, době metání a sedimentačním objemu (SDS). Rostliny dihaploidních linií (DH) byly kratší a pozdnější v porovnání s potomstvy generace F₂. Průkazně nižší hodnoty SDS testu a zároveň i vyšší hodnota variability tohoto znaku byla zjištěna u DH linií odvozených z kombinací heterozygotních pro 1BL/1RS translokaci.

Triticum aestivum L.; dihaploidní linie; gametická selekce; gliadiny; 1BL/1RS translokace; kvantitativní znaky

Současný pokrok v oblasti prašníkových a mikrosporových kultur *in vitro* u obilovin, zvýšení efektivity a výtěžnosti zelených regenerovaných rostlin, a tím možnosti rychlého získání homozygotních linií, přibližuje integraci těchto technik do šlechtitelských programů. Některá pracoviště se již mohou prezentovat prvními praktickými výsledky (De B u y s e r et al., 1987; K e r t é s z et al., 1992). Jedním z významných teoretických předpokladů pro využití indukované androgeneze *in vitro* je rovnocennost takto odvozených linií s konvenčně získanými homozygotními materiály (SSD - single seed descent). Sada odvozených dihaploidních linií musí reprezentovat celé spektrum samčích gamet vytvářených donorovým jedincem. Výskyt gametické selekce může mít určité důsledky pro využití DH linií jak pro případné genetické analýzy, tak i pro šlechtitelské aplikace. Jak dokládají některé práce, není gametická selekce tak řídkým jevem, jak se všeobecně soudí, a lze ji dokumentovat i pro šlechtitelsky významné znaky (S c h ö n et al., 1991). Cílem práce bylo porovnat DH linie odvozené z F₁ hybridů s náhodně vybranými liniemi odvozenými z F₂ generace pro vybrané znaky a posoudit, nakolik mohou být sledované parametry ovlivněny využitím androgeneze *in vitro* pro tvorbu homozygotních linií.

MATERIÁL a METODY

Materiál pro tuto studii zahrnuje tři kombinace křížení odrůd s českou odrůdou Zdar (Z) : Z x Rescler (FRA), Z x Bernina (CHE) a Z x Branka (CZ). Dihaploidní linie byly odvozeny z prašnickových kultur donorových rostlin F₁ generace. Celkem bylo kultivováno 3788 prašníků na médiích N6 a C17 a získáno 58 DH linií A₁ generace (výtěžnost 1,53 %). Po přepěstování klasových potomstev (A₂ generace) za účelem namnožení materiálu bylo k dispozici od tří jmenovaných kombinací celkem 31 morfologicky vyrovnaných DH linií generace A₃ (A₄) zařazených do srovnávacích pokusů.

U každé ze tří kombinací křížení bylo v generaci F₂ náhodně vybráno 20 rostlin, jejichž potomstva v generacích F₄ a F₅ byla vysévána ve dvou letech (1991/1992 a 1992/1993) spolu s DH liniemi A₃ a A₄ generace a rodičovskými odrůdami na stanovišti Praha-Ruzyně ve třech opakováních. Velikost parcely byla 2,5 m² (výsevek 250 zrn/m²).

V průběhu vegetace byla zjišťována doba metání (odhad 50 % metajících odnoží na parcele) a výška rostliny ve zralosti (cm). Ukazatel jakosti zrna, sedimentační objem v prostředí SDS (ml) byl zjišťován postupem, který upravil H ý ž a (1986).

Rezistence ke rzi travní (*Puccinia graminis* Pers.) a rzi plevové (*Puccinia striiformis* Westend) byla hodnocena v polních infekčních školkách. Umělá inokulace byla provedena směsí spor z dominujících ras obou rzí (S l o v e n ě í k o v á, B a r e š, 1978). Rezistence ke rzi pšeničné (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm.) byla hodnocena po infekci juvenilních rostlin.

Napadení padlím travním (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal) bylo hodnoceno ve stadiu metání podle procenta zasažení listové plochy. Stupeň napadení houbovými patogeny byl ohodnocen devítibodovou stupnicí (9 - neinfikované rostliny).

U DH linií ze tří kříženců a u rodičovských odrůd byla stanovena elektroforetická spektra gliadinů modifikovaným způsobem vertikální elektroforézy ve sloupcích škrobového gelu v Al-laktátovém pufru při pH 3,1 se 2 mol močoviny na 1 l (Š a š e k et al., 1989). Alelické gliadinové bloky byly vyčleněny z elektroforetických spekter podle katalogu (S o b k o, P o p e r e l j a, 1986). Pro výpočet predikční bodové hodnoty alelických gliadinových genů (PBH) u jednotlivých DH linií byly použity koeficienty z práce Č e r n ý et al. (1992).

VÝSLEDKY a DISKUSE

Výsledky elektroforetických analýz DH linií odvozených z kříženců odrůd Zdar x Branka a odrůd Zdar x Bernina (kombinace odrůdy Zdar s odrůdami nesoucími 1BL/1RS translokaci - alela Gld 1B3) dokumentují preferenční uplatnění mikrospor s touto translokací v procesu indukované androgenese *in vitro* (tab. I a II). Získaný poměr linií s translokací k liniím bez translokace činil celkem u těchto kombinací 20 : 4 oproti očekávanému poměru 12 : 12 ($\chi^2_{(1)} = 7,14^*$). Tento posun

I. Sestavy alelických gliadinových bloků DH linií, hodnoty mikrosedimentačního testu a predikční bodové hodnoty pekařské kvality - kombinace odrůd Zdar x Branka – Sets of allelic gliadin blocks of DH lines, microsedimentation test values and prediction score values of baking quality - Zdar x Branka cross

	Gliadinové alelické bloky ¹				SDS ² (ml) 1993	PBH GID ³
	1-1A	2-1A	1B	6D		
Zdar	3	2 + 3	4	2 (4)	4,8	16,0
Branka	2	0	3	N (1)	3,7	12,0
DH 23/1	Z	Z	Z	Z	5,3	17,5
DH 121/3	Z	Z	B	Z	-	11,0
DH 171,1	Z	Z	B	Z	3,6	10,0
DH 50,1	Z	Z	B	Z	4,5	10,0
DH 62/2	Z	Z	B	Z	5,2	10,0
DH 58/1	Z	B	B	Z	4,1	10,0
DH 42/1	Z	B	B	Z	6	11,5
DH 68/1	Z	B	B	Z	3,8	13,5
DH 72/1	Z	B	B	Z	3,6	11,5
DH 43/1	B	Z	B	Z	-	11,5
DH 68,2	B	Z	B	Z	-	14,0
DH 65/1	B	B	Z	Z	7	20,0
DH 17/1	B	B	B	B	5,2	11,5
DH 165/1	B	B	B	B	2,8	9,5
	9 : 5	7 : 7	2 : 12	12 : 2		

¹allelic gliadin blocks; ²sedimentační objem – sedimentation volume; ³predikční bodové hodnoty – prediction score values

odpovídá poznatkům o vlivu žitného segmentu chromozómu 1RS na regeneraci rostlin u pšenice (Henry et al., 1985; Müller et al., 1989). Devaux (1992) uvádí u souboru 147 linií odvozených ze sedmi 1BL-1RS/1BL-1BS strukturních heterozygotů 70,1 % DH linií nesoucích translokovaný chromozóm.

Zajímavé je zjištění, že mimo již uvedenou 1BL/1BS translokaci byly v naší studii pozorovány i odchylky od očekávaných četností alelických gliadinových bloků na chromozómu 6D. U DH linií odvozených z kombinací odrůd Zdar x Branka a Zdar x Resceler (tab. I a III) byl zaznamenán poměr 19 : 3 ve prospěch alely odrůdy Zdar ($\chi^2_{(1)} = 11,64^{**}$). K posunu od očekávaného poměru 1 : 1 došlo i v případě očekávané nezávislé segregace alelických bloků na chromozómech 1A a 6D (GLD 2-1A a GLD 6D). Převažovaly zde rodičovské sestavy oproti rekombinantním, a to v poměru 16 : 6 ($\chi^2_{(1)} = 4,55^*$). Obdobná pseudovazba byla zaznamenána i pro alelické gliadinové bloky GLD 1-1A a GLD 6D při analýze souboru

II. Sestavy alelických gliadinových bloků DH linií, hodnoty mikrosedimentačního testu a predikční bodové hodnoty pekařské kvality - kombinace odrůd Zdar x Bernina – Sets of allelic gliadin blocks of DH lines, microsedimentation test values and prediction score values of baking quality - cross Zdar x Bernina

	Gliadinové alelické bloky ¹				SDS ² (ml) 1993	PBH GID ³
	1-1A	2-1A	1B	1D		
Zdar	3	2 + 3	4	1	4,8	16,0
Bernina	9	0	3	8	4,4	11,5
DH 234	B	Z	B	B	4,5	11,5
DH 235	Z	B	B	B	4,2	10,5
DH 236	B	Z	Z	B	6,2	16,5
DH 237	B	Z	B	Z	4,2	12,0
DH 238	B	B	B	Z	4,3	12,0
DH 239	B	B	B	Z	4,3	12,0
DH 240	B	B	Z	B	5,7	16,5
DH 241	B	Z	B	Z	4,6	12,0
DH 244	B	B	B	Z	4,8	12,0
DH 245	Z	Z	B	Z	3,6	11,0
	2 : 8	5 : 5	2 : 8	6 : 4		

For ¹⁻³ see Table I

III. Sestavy alelických gliadinových bloků DH linií, hodnoty mikrosedimentačního testu a predikční bodové hodnoty pekařské kvality - kombinace odrůd Zdar x Resccler – Sets of allelic gliadin blocks of DH lines, microsedimentation test values and prediction score values of baking quality - cross Zdar x Resccler

	Gliadinové alelické bloky ¹			SDS ² (ml) 1993	PBH GID ³
	2-1A	1B	6D		
Zdar	2 + 3	4	1	4,8	16,0
Resccler	1 (N)	1	2 (4)	4,2	18,0
DH 4/1	Z	Z	Z	5,4	16,0
DH 35/1	Z	Z	Z	-	15,0
DH 70/3	Z	Z	Z	6,4	16,0
DH 104/2	Z	Z	Z	6,0	15,0
DH 107,1	Z	Z	Z	6,3	15,0
DH 117/1	Z	Z	Z	6,2	15,0
DH 34/1	R	R	Z	7,2	19,0
DH 38/1	R	R	R	-	19,0
	6 : 2	6 : 2	7 : 1		

For ¹⁻³ see Table I

IV. Průměrný projev a variabilita znaku u dihaploidních linií a potomstev odvozených z F₂ generace u tří kříženců pšenice ozimé – Trait average manifestation and variability in doubled haploid lines and progenies derived from F₂ generation in three crosses of winter wheat

Kombinace křížení odrůd ¹			SDS ² (ml)		Rezistence ³ (1 - 9; 9 - odolná)				Den metání v červnu ⁸	Výška rostlin ⁹ (cm)
			1992	1993	rez travní ⁴	rez ple- vová ⁵	rez pře- ničná ⁶	padlí travní ⁷		
Zdar/ Branka	A	\bar{x}	4,97 ⁺⁺	4,43 ⁺	7,37 ⁺⁺	8,00	3,92	6,53	11,6 ⁺	70,8 ⁺⁺
		s^2	1,707 ⁺⁺	1,355 ⁺	1,850	3,599 ⁺⁺	3,076	1,486	11,594	183,370
	B	\bar{x}	6,45	5,15	5,19	6,76	3,54	6,14	9,10	83,80
		s^2	0,602	0,531	2,310	8,294	1,974	0,942	8,066	100,680
Zdar/ Resceler	A	\bar{x}	6,81	6,26	4,83	4,00	4,60	5,71	8,9 ⁺	64,3 ⁺⁺
		s^2	0,085	0,286	1,266	6,656	0,792	1,904	5,808	45,240
	B	\bar{x}	6,81	6,17	4,47	4,95	3,82	4,63	6,50	79,90
		s^2	0,265	0,306	0,906	3,419	2,161	1,548	3,996	60,050
Zdar/ Bernina	A	\bar{x}	6,06 ⁺	4,84	7,00 ⁺⁺	6,37	3,00	3,58	11,2 ⁺	79,2 ⁺
		s^2	0,756 ⁺	0,955 ⁺⁺	3,430	7,980	0,000	3,721	3,430	112,870
	B	\bar{x}	6,61	5,23	5,11	7,37	3,17	4,43	9,80	91,10
		s^2	0,240	0,287	2,295	5,593	0,320	2,699	3,561	51,580

⁺⁺ $P < 0,01$; ⁺ $P < 0,05$

A = DH (dihaploidní) linie – doubled haploid line; B = potomstva F₂ generace – F₂ generation progeny

Statisticky významný rozdíl mezi skupinami DH linií a potomstvy F₂ generace na základě *t*-testu (*F*-testu pro rozptyl) – Statistically significant difference between the groups of DH lines and F₂ generation progenies on the basis of *t*-test (*F*-test for variance)

¹cross combination of the varieties; ²sedimentation volume; ³resistance; ⁴stem rust; ⁵stripe rust; ⁶leaf rust of wheat; ⁷powdery mildew; ⁸heading date in June; ⁹plant height

DH linií odvozených z kříženců odrůd Zdar x Branka a Zdar x Brimstone (není zahrnuto v této studii) 16 : 4; $\chi^2_{(1)} = 7,20^*$.

Odchyly od očekávaných štěpných poměrů u DH linií nejsou výjimkou a lze je zaznamenat i při genetických analýzách F₂ generací případně i u SSD linií (Schön et al., 1990; Gulderdoni, 1991; Bentolila et al., 1992; Bjørnstad et al., 1993). Tyto odchyly však nemusí mít vždy negativní dopady, např. při konstrukci chromozómových map u kukuřice s využitím DH linií

V. Vliv translokace 1BL/1RS na projev znaku u DH linií odvozených z kříženců odrůd Zdar x Branka a Zdar x Bernina – The effect of 1BL/1RS translocation on trait manifestation in DH lines derived from the crosses Zdar x Branka and Zdar x Bernina

Kombinace křížení odrůd ¹			SDS ² (ml)		Rezistence ³ (1 - 9; 9 - odolná)			Den metání v červnu ⁷	Výška rostlin ⁸ (cm)
			1992	1993	rez travní ⁴	rez plevová ⁵	padlí travní ⁶		
Zdar/ Branka	DH linie	+ 1BL/1RS	4,65	4,12	7,86	7,71	6,53	10,80	75,80
		- 1BL/1RS	6,80	6,45	4,00	9,00	6,50	13,20	52,50
Zdar/ Bernina		+ 1BL/1RS	5,78	4,31	8,00	5,50	4,05	11,60	78,00
		- 1BL/1RS	7,70	5,95	4,00	8,75	3,67	9,50	85,00

For ¹⁻⁶ see Table IV; ⁷ heading date in June; ⁸ plant height

dosahuje shoda mezi chromozomálními mapami sestavenými na základě F₂ a DH dat až 97 % (Bentolila et al., 1992).

Při šlechtitelských aplikacích však narušené segregáční spektrum může způsobit i problémy. Zvláště je to patrné v případě translokace 1BL/1RS, která u pšenice významně snižuje pekařskou kvalitu zrna. Názorně to dokumentují i naše výsledky, neboť u souboru DH linií odvozených z kříženců odrůd Zdar x Branka a Zdar x Bernina došlo v důsledku vyšší četnosti 1BL/1RS translokace k průkaznému snížení SDS sedimentačního objemu oproti odpovídajícím filiálními generacím (tab. IV). Posun k horším parametrům kvality dokumentují i predikční bodové hodnoty (PBH) gliadinových alel DH linií (tab. I a II). Naopak příznivý účinek měla vyšší četnost translokace na hodnoty rezistence vůči rzi travní, která byla u DH linií průkazně vyšší.

Při srovnání DH linií s odpovídajícími potomstvy F₂ generací se dále ukázalo, že DH linie byly průkazně pozdnější u všech sledovaných kombinací a výška rostlin DH linií byla průkazně nižší (tab. IV). Je zřejmé, že tyto rozdíly nebyly zapříčiněny preferenční transmisí translokace 1BL/1RS (tab. V). Löschner a Berger et al. (1991) také našli průkazné rozdíly ve výšce rostlin mezi DH liniemi a odpovídajícími konvenčními populacemi i soubory DH linií byly pozdnější oproti kontrolám, avšak rozdíly zde nebyly průkazné. U tohoto znaku citovaní autoři zaznamenali u tří z pěti sledovaných kombinací průkazně vyšší variabilitu u DH linií a v jednom případě u kontrolní populace. Obdobná situace se vyskytla i u ostatních sledovaných znaků. Rovněž v naší studii byla zaznamenána ve většině případů vyšší variabilita u souborů DH linií (tab. IV). Průkazné rozdíly byly zaznamenány především pro hodnoty rozptylu SDS sedimentačního testu u kombinací s 1BL/RS translokací. Příčiny vyšší variability znaků u DH linií

mohou být velmi komplikované a nemusí být jen důsledkem aplikace prašnickových kultur. Vyšší četnost chromozómových aberací či gametoklonální variabilita mohou být jistě zdrojem části této variability, ale může se zde i projevit gametická selekce a případně uplatnění mikrospor s takovou sestavou genů, které by byly v oplozovacím procesu eliminovány. Rozšíření variability v rámci souboru odvozených DH linií může být i vítané pro možnost zachycení méně častých kombinací genů.

L i t e r a t u r a

- BENTOLIA, S. - HARDY, T. - GUITTON, C. - FREYSSINT, G.: Comparative genetic analyses of F₂ plants and anther culture derived plants of maize. *Genome*, 35, 1992 : 575-582.
- BJØRNSTAD, A. - SKINNES, H. - UHLEN, A. K. - MARUM, P. - MARÔY, A. G.: Genetic marker segregations in doubled haploids in spring wheat crosses. *Hereditas*, 118, 1993 : 55-62.
- ČERNÝ, J. - ŠAŠEK, A. - MALÝ, J.: Ověřování metody bílkovinných markerů pekařské jakosti pšenice obecně pomocí nových genotypů, zkoušených ve státních odrůdových zkouškách v roce 1991. *Genet. a Šlecht.*, 28, 1992 : 271-283.
- BUYSER, J. de - HENRY, Y. - LONNET, P. - HERTZOG, R. - HESPEL, A.: Florin : A doubled haploid wheat variety developed by the anther culture method. *Pl. Breed.*, 98, 1987 : 53-56.
- DEVAUX, P.: Haploidy in barley and wheat improvement. In: DATTÉE, Y. - DUMAS, C. - GALLAIS, A. (Eds.): *Reproductive Biology and Plant Breeding*, Berlin Heidelberg, Springer Verlag 1992 : 139-151.
- GUIDERDONI, E.: Gametic selection in anther culture of rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. appl. Genet.*, 81, 1991 : 406-412.
- HÝŽA, V.: Mikrosedimentační metoda na hodnocení šlechtitelského materiálu pšenice. *Genet. a Šlecht.*, 22, 1986 : 117-122.
- HENRY, Y. - BUYSER, J. de: Effect of the 1B/1R translocation on the anther culture ability in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pl. Cell. Rep.*, 4, 1985 : 307-310.
- KERTÉSZ, Z. - PAUK, J. - MATUZ, J.: Practical results of the *in vitro* androgenesis in wheat. In : *Book of Poster Abstracts. XIIIth EUCARPIA Congress*, Angers, France, July 06 - 11th 1992 : 173-174.
- LÖSCHENBERGER, F. - HEBERLE-BORS, E. - RUCKENBAUER, P.: Doppelhaploide und konventionell erzeugte Linien aus Winterweizenkreuzungen - vergleichende Ergebnisse. Bericht über die 42. Arbestagung 1991, BAL Gumpenstein, 26. - 28. November 1991 : 43-54.
- MÜLLER, G. - BORSCHER, H. - VAHL, V. - WIBERG, A. - HARTEL, H. - DAMISCH, W.: Die Nutzung der Antherenkulturmethode in Zuchtprozeß von Winterweizen. In : *Zur Androgenesefähigkeit von 1B/1R Weizen-Roggen-Translokationsformen*. *Pl. Breed.*, 102, 1989 : 196-207.
- SCHÖN, C. C. - HAYES, P. M. - BLAKE, T. K. - KNAPP, S. J.: Gametophytic selection in a winter x spring barley cross. *Genome*, 34, 1991 : 918-922.
- SCHÖN, C. - SANCHEZ, M. - BLAKE, T. - HAYES, P. M.: Segregation of Mendelian markers in doubled haploid and F₂ progeny of a barley cross. *Hereditas*, 113, 1990 : 69-72.
- SLOVENČÍKOVÁ, V. - BAREŠ, I.: Odolnost vybraných odrůd pšenice ke rzi plevové. *Rostl. Vyr.*, 24, 1978 : 551-556.

ŠAŠEK, A. - ČERNÝ, J. - SÝKOROVÁ, S. - KUBÁNEK, J.: Construction of wheat genotypes with higher baking quality by electrophoresis of gliadins and HMW subunits of glutenins. *Scientia Agric. bohemoslov.*, 21, 1989 : 171-176.

SOBKO, T. A. - POPERELJA, F. A.: Častota z jakoju zustričajajutsja aleli gliadikodirujuščich lokusiv u sortiv mjakoi ozimoi pšenicy. *Vest. seř.-choz. Nauki*, 1986 : 84-87.

Došlo dne 16. 8. 1993

L. Kučera, V. Šíp, A. Šašek, M. Škorpík (Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic)

Analysis of selected characters in wheat doubled haploids and F₂ generation progenies

Doubled haploid (DH) lines (generations A₃ and A₄) derived from F₁ hybrids between the Czech winter wheat variety Zdar and the varieties Branka - 1BL/1RS translocation (CZ), Bernina - 1BL/1RS translocation (CHE) and Resccler (FRA) were compared with the respective progenies of F₂ plants (generations F₄ and F₅) in field and laboratory conditions. The following characters were observed : presence of 1BL/1RS translocation, starch gel electrophoretic patterns of gliadins, resistance to the rusts and powdery mildew, SDS sedimentation volume, plant height and heading date.

The results of electrophoretic analyses in DH lines derived from the crosses Zdar x Branka and Zdar x Bernina document that gametic selection was preferential for 1BL/1RS translocation - allele : Gld 1B3 (Tables I and II). The obtained 20 : 4 ratio is significantly different from the expected 1 : 1 segregation ($\chi^2_{(1)} = 7.14^*$). Deviation from expected frequencies was evident for gliadin allelic blocks on chromosome 6D. In the crosses Zdar x Branka and Zdar x Resccler (Tables I and III) the obtained ratio was 19 : 3 in favour of the allele Gld 6D2(4) of Zdar ($\chi^2_{(1)} = 11.64^{**}$). Pseudolinkage was observed between the gliadin blocks on the chromosomes 1A (1-1A and 2-1A) and 6D. The ratios of parental combinations to recombinants were the following : 16 : 6 (1-1A and 6D) and 16 : 4 (2-1A and 6D).

The differences between average trait values of DH lines and F₂ progenies were significant in all three crosses for plant height and heading date. DH lines were shorter and later in heading. Preferential gametic selection for 1BL/1RS translocation resulted in lower SDS sedimentation values and a higher degree of resistance to stem rust in DH lines, that also showed a higher variance in SDS values than F₂ progenies (Tables IV and V).

Triticum aestivum L.; doubled haploid lines; gametic selection; gliadins; 1BL/1RS translocation; quantitative traits

PEKAŘSKÁ JAKOST ZRNA VYBRANÝCH ZAHRANIČNÍCH ODRŮD PŠENICE JARNÍ Z KOLEKCE GENETICKÝCH ZDROJŮ

Evženie KOSTKANOVÁ, Martin MANEV, Zdeněk STEHNO

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

V letech 1990 a 1991 bylo hodnoceno zrno 27 vybraných zahraničních a dvou československých odrůd pšenice jarní po stránce obsahu hrubých bílkovin, mikrosedimentační hodnoty šrotu (mikro-SDS test), množství lepku v mouce, jeho bobtnavosti a tažnosti, pekařské hodnoty doplněné o výnos zrna, hmotnost 1000 zrn a výšku rostlin. Odrůdy byly pěstovány v polních pokusech v řepařské výrobní oblasti se subtypem řepařsko-pšeničným. (Agrotechnika byla jednotná pro všechny odrůdy.) Hlavním účelem práce bylo charakterizovat vybraný soubor odrůd po stránce základních jakostních ukazatelů zrna v podmínkách České republiky. Na získaných hodnotách se projevil vliv ročníků. Největší proměnlivost materiálu byla zjištěna u bobtnavosti mokrého lepku a jeho tažnosti (koeficient variability 37,2 a 36,4) a nejmenší u obsahu hrubých bílkovin (koef. var. 8,5). V hodnoceném souboru dosáhly nejvyšších hodnot u jednotlivých ukazatelů následující odrůdy: u obsahu hrubých bílkovin odrůda Ning 8343 z Číny - 18,4 g ve 100 g sušiny zrna, u mikrosedimentační hodnoty šrotu odrůda Pysar 29 z bývalého Sovětského svazu - 8,9 ml, u obsahu mokrého lepku odrůda Ning 8343 z Číny - 45,5 g ve 100 g, u bobtnavosti mokrého lepku odrůda Albis ze Švýcarska - 16,0 ml, u pekařské hodnoty odrůda Moran ze Spojených států amerických - 79,1 bodů, u tažnosti mokrého lepku odrůda Ning 8343 z Číny - 21,0 cm, u výnosu sušiny zrna odrůda Sandra z bývalého Československa - 6,5 t/ha následovaná další čs. odrůdou Jara - 6,4 t/ha, u hmotnosti 1000 zrn odrůda Aronas (*T. durum*) z Kypru - 50,3 g a u výšky rostlin odrůda Pysar 29 z bývalého Sovětského svazu - 119,0 cm.

pšenice jarní; zrno; jakost nutriční a technologická; hrubé bílkoviny; mikro-SDS test; mokřý lepek; pekařská hodnota; výnos zrna; hmotnost 1000 zrn; výška rostlin

Hodnocení genetických zdrojů pšenice je již řadu let prováděno v oddělení genetických zdrojů, nyní genové banky Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze-Ruzyni. Jeho součástí je i hodnocení zrna odrůd a novošlechtění našeho a světového sortimentu po stránce nutriční a technologické jakosti. U našich československých odrůd jsou jejich vlastnosti důkladně známy, ale materiál získaný ze zahraničí je v našich podmínkách málo prozkoušený nebo vůbec neprozkoušený. Pro získání základních údajů o jakosti zrna jsme se zaměřili na stanovení obsahu hrubých bílkovin - ukazatele nutriční a technologické jakosti, na stanovení mikro-

sedimentační hodnoty šrotu pro informativní zjištění pekařské jakosti (mikro-SDS test), jakož i na přímé určení obsahu mokrého lepku a jeho kvality v mouce (stanovení bobtnavosti a tažnosti) a následně bodové ohodnocení pekařské hodnoty výpočtem. Uvedené ukazatele se tradičně zjišťují ve VÚRV v Praze-Ruzyni a některé z nich se sledují i v dalších institucích, které se zabývají hodnocením zrna pšenice klasickým způsobem, tj. bez rozsáhlejšího moderního přístrojového zařízení.

Výběrem odrůd a ukazatelů jakosti zrna jsme navázali na naše práce jednak metodické (K o s t k a n o v á et al., 1989), jednak hodnotící zkoušený materiál (K o s t k a n o v á et al., 1992a, b).

MATERIÁL a METODY

Kolekce 29 odrůd pšenice jarní, z níž je 27 původem ze zahraničí a dvě z dřívějšího Československa, byla sledována dva roky (1990 a 1991) ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze-Ruzyni. Původ odrůd v tabulkách a textu uvádíme mezinárodními zkratkami států. Jednalo se o odrůdy z Argentiny (ARG), Austrálie (AUS), z Číny (CHN), Spolkové republiky Německo (DEU), Velké Británie (GBR), Guatemaly (GTM), Chile (CHL), Pakistánu (PAK), Paraguaye (PRY), bývalého Sovětského svazu (SUN), Spojených států amerických (USA), Jugoslávie (YUG), Kypru (CYP), Portugalska (PRT), Švýcarska (CHE) a bývalého Československa (CSK). Československé odrůdy Jara a Sandra sloužily jako odrůdy kontrolní.

I. Základní meteorologické údaje v pokusných letech 1990 a 1991 (leden až srpen) – Basic meteorological data in the experimental years 1990 and 1991 (January to August)

Rok ¹	Měsíc ²	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	1. - 8.
1990	Σ srážky ³ (mm)	9.2	14.3	14.3	41.3	38.2	50.6	2.6	58.2	228.7
	\bar{x} teplota ⁴ (°C)	0.5	3.9	5.8	5.5	13.7	15.6	16.9	19.3	10.2
1991	Σ srážky (mm)	2.0	14.9	16.8	47.3	55.0	81.6	52.6	29.8	300.0
	\bar{x} teplota (°C)	1.5	-4.3	5.7	7.4	9.1	15.7	21.2	20.5	9.6
Ø 50 let ⁵	Σ srážky (mm)	20.0	18.0	24.0	40.0	53.0	61.0	69.0	78.0	363.0
	\bar{x} teplota (°C)	-1.0	0	3.9	8.5	14.0	17.0	18.9	17.8	9.9

¹year; ²month; ³precipitations; ⁴temperature; ⁵50-year average

Pokusy byly založeny na parcelách pokusných polí v Praze-Ruzyni ve výrobní oblasti řepařské se subtypem řepařsko-pšeničným s půdou hlinitojílovitou a s počasím mírně teplým a mírně vlhkým. Agrotechnika nevybočovala z normálu pro pšenici a danou oblast. Nebyly respektovány zvláštní potřeby jednotlivých odrůd. Předplodinou byla luskovino-obilní směska, hnojení se provádělo předseťově v dávkách N - 65, P - 48, K - 90 kg č.ž. na 1 ha, produkčně N - 20 kg č.ž. na 1 ha. Z herbicidů byl postemergentně aplikován Glean 75 DF (10 g) + Syncuran (1 kg) na 1 ha. Datумы výsevu: 14. 3. 1990 a 19. a 25. 3. 1991; datумы sklizně: 2. - 5. 8. 1990 a 17. - 19. 8. 1991. Rozměr sklizňových parcelek byl 4 m². Základní meteorologické údaje jsou sumarizovány v tab. I.

V práci uvádíme hodnoty ukazatelů nutriční a technologické jakosti zrna, doplněné o výnos zrna, hmotnost 1000 zrn a výšku rostlin.

Použité metody:

- obsah hrubých bílkovin podle Kjeldahla na přístrojové lince Kjeltec Auto System II švédské firmy Tecator, přepočítávací faktor pro hrubé bílkoviny 5,7; výsledky uvedeny v sušině zrna;
- mikrosedimentační hodnota šrotu (mikro-SDS test) za použití dodecylsulfátu sodného podle Hýži (H ý ž a, 1986);
- obsah mokrého lepku v mouce za použití Glutomatic Systemu firmy Falling Number ze Švédska (ICC norma 137);
- bobtnavost lepku podle Berlinera v Horelově úpravě (H o r e l, 1956);
- pekařská hodnota podle Prugara (P r u g a r, 1959; P r u g a r et al., 1959);
- tažnost mokrého lepku odečítaná na pravítku;
- výnos zrna, hmotnost 1000 zrn a výška rostlin podle obvyklých postupů. Výnos zrna je uveden v sušině zrna (pro možný propočet výnosů hrubých bílkovin z jednotky plochy).

VÝSLEDKY a DISKUSE

Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tab. II (ukazatelé pekařské technologické jakosti) a v tab. III (výnos zrna, hmotnost 1000 zrn, výška rostlin). V těchto tabulkách jsou uvedeny i základní statistické údaje podle Škorpíka (Š k o r p í k, 1965). Podle hodnot u jednotlivých ukazatelů jsme odrůdy seřadili sestupně do tab. IV až VI. Při hodnocení výsledků jakostních ukazatelů jsme používali Klasifikátor genus *Triticacae* L. autorů B a r e š et al. (1985) a u pekařské hodnoty i mikrosedimentačního SDS testu jsme se ještě řídili hodnotícími stupnicemi (P r u g a r, 1959; P r u g a r et al., 1959; H ý ž a, 1986).

Na uváděných hodnotách se projevil vliv ročníků. V roce 1990 byly v průměru vyšší hodnoty u mikrosedimentačního SDS-testu, bobtnavosti mokrého lepku a bodového ohodnocení pekařské jakosti. V tomtéž roce byl i vyšší výnos zrna a výška rostlin. V následujícím roce (1991) byl vyšší obsah hrubých bílkovin,

II. Výsledky rozborů zrna vybraných zahraničních odrůd pšenice jarní po stránce jeho in some foreign varieties of spring wheat aimed at its baking technological quality, crops

Pořadové číslo	Odrůda ¹ novošlechtění ²	Původ ³	Hrubé bílkoviny v sušině zrna ⁴ (g ve 100 g)			Mikrosedimentační hodnota šrotu ⁵ (ml)		
			1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}
1.	Rafaela	ARG	16,7	17,9	17,3	8,4	7,9	8,2
2.	Hartog	AUS	13,5	16,4	15,0	8,0	7,5	7,8
3.	Cardinal	DEU	14,8	14,1	14,4	6,4	5,5	6,0
4.	Sandown	GBR	13,0	13,6	13,3	6,5	5,8	6,2
5.	ICTA Sara 82	GTM	14,5	18,1	16,3	6,3	5,4	5,9
6.	Albis	CHE	15,4	16,0	15,7	8,4	7,6	8,0
7.	Calanda	CHE	16,9	17,4	17,2	7,3	6,2	6,8
8.	Chasqui	INIA	14,5	17,9	16,2	7,3	6,8	7,1
9.	Victoria	CHL	13,0	15,3	14,2	7,5	7,3	7,4
10.	Ning 8343	CHN	17,6	19,1	18,4	4,2	4,9	4,6
11.	Pakistan 81	PAK	13,3	16,9	15,1	6,6	5,6	6,1
12.	Cordillera 3	PRY	13,9	16,9	15,4	5,7	5,5	5,6
13.	Voga	PRT	13,3	15,0	14,2	7,0	6,7	6,9
14.	Egisar 29	SUN	15,2	16,2	15,7	9,0	7,9	8,5
15.	Kommunar	SUN	13,2	13,5	13,4	7,7	6,5	7,1
16.	Olymp	SUN	13,8	13,8	13,8	7,2	6,4	6,8
17.	Orenburgskaja 1	SUN	13,6	13,9	13,8	7,7	7,1	7,4
18.	Pysar 29	SUN	14,8	15,5	15,2	9,2	8,6	8,9
19.	Tjumenskaja rannaja	SUN	15,6	15,8	15,7	7,8	7,3	7,6
20.	Dunlop	USA	14,1	14,4	14,3	7,4	5,8	6,6
21.	Fox	USA	14,7	17,0	15,9	8,2	8,6	8,4
22.	Moran	USA	16,7	17,9	17,3	8,9	8,1	8,5
23.	Jarka	YUG	14,2	14,8	14,5	7,3	6,5	6,9
24.	Lelija	YUG	14,4	16,2	15,3	6,9	6,9	6,9
25.	Neretva	YUG	14,8	15,0	14,9	8,4	6,7	7,6
26.	Raduša	YUG	14,2	13,9	14,1	6,0	4,8	5,4
27.	Aronas (<i>T. durum</i>)	CYP	14,7	15,6	15,2	4,4	3,9	4,2
28.	Jara	CSK	14,9	15,1	15,0	5,4	4,5	5,0
29.	Sandra	CSK	14,4	14,5	14,5	7,3	6,4	6,9
	\bar{x}		14,6	15,9	15,3	7,3	6,6	6,9
	S		1,2	1,6	1,3	1,2	1,2	1,2
	$\bar{x} \pm S$		13,4 - 15,8	14,3 - 17,5	14,0 - 16,6	6,1 - 8,5	5,4 - 7,8	5,7 - 8,1
	V		8,2	10,1	8,5	16,4	18,2	17,4

¹variety; ²advanced line; ³origin; ⁴crude protein in grain dry matter; ⁵meal microsedimentation value; ⁶wet gluten in flour; ⁷wet gluten swelling; ⁸baking quality (scores); ⁹wet gluten extensibility

pekařské technologické jakosti ze sklizní let 1990 a 1991 – The results of grain analyses of the years 1990 and 1991

Mokrý lepek v mouce ⁶ (g ve 100 g)			Bobtnavost mokrého lepku ⁷ (ml)			Pekařská hodnota ⁸ (body)			Tažnost mokrého lepku ⁹ (cm)		
1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}
32,0	39,0	35,5	17	12	15	80,0	77,1	78,6	9	7	8,0
26,0	37,0	31,5	14	10	12	62,0	71,5	66,8	5	10	8,0
32,0	31,0	31,5	8	6	7	60,0	49,0	54,5	12	12	12,0
26,0	27,0	26,5	10	8	9	54,0	48,0	51,0	8	10	9,0
33,0	48,0	40,5	7	5	6	57,0	62,6	59,8	13	25	19,0
30,0	32,0	31,0	16	15	16	75,0	78,0	76,5	5	7	6,0
38,0	38,0	38,0	11	9	10	74,5	69,5	72,0	10	13	12,0
29,0	37,0	33,0	10	11	11	62,0	73,5	67,8	8	7	8,0
26,0	33,0	29,5	12	12	12	65,0	71,0	68,0	9	10	10,0
37,0	54,0	45,5	5	3	4	55,5	57,0	56,3	19	23	21,0
28,0	43,0	35,5	10	8	9	62,0	69,5	65,8	12	15	14,0
28,0	40,0	34,0	10	7	9	59,5	63,8	61,7	9	8	9,0
30,0	37,0	33,5	4	5	5	40,5	55,5	48,0	11	15	13,0
35,0	37,0	36,0	11	8	10	69,0	65,5	67,3	9	10	10,0
29,0	31,5	30,3	10	6	8	62,0	51,0	56,5	7	10	9,0
33,0	36,0	34,5	6	3	5	53,0	45,5	49,3	14	12	13,0
34,0	35,0	34,5	6	5	6	55,0	53,5	54,3	12	12	12,0
32,0	36,0	34,0	15	9	12	78,0	67,5	72,8	5	9	7,0
35,0	37,0	36,0	10	7	9	70,0	61,5	65,8	8	11	10,0
32,6	38,0	35,0	6	3	5	51,0	47,0	49,0	15	20	18,0
30,0	37,0	33,5	14	16	15	72,0	83,8	77,9	7	7	7,0
32,0	39,0	36,0	16	13	15	79,0	79,1	79,1	8	7	8,0
28,0	31,0	29,5	15	8	12	78,0	57,0	67,5	6	10	8,0
25,0	37,0	30,0	12	8	10	56,0	63,5	59,8	6	7	7,0
32,0	38,0	35,0	8	7	8	59,0	62,5	60,8	10	11	11,0
33,0	35,0	34,0	5	4	5	56,0	49,0	52,5	11	12	12,0
32,0	35,0	33,5	10	6	8	66,0	56,5	61,3	9	7	8,0
33,9	39,7	36,8	4	3	4	45,1	50,3	47,7	14	26	20,0
31,3	31,5	31,4	11	8	10	66,5	55,5	61,0	9	10	10,0
31,0	36,9	34,0	10,3	7,9	9,4	62,8	61,9	62,4	9,4	11,4	11,0
3,4	5,3	3,7	3,7	3,5	3,5	10,2	10,8	9,6	3,4	4,8	4,0
27,6 -	31,6 -	30,3 -	6,6 -	4,4 -	5,9 -	52,6 -	51,1 -	52,8 -	6,0 -	6,6 -	7,0 -
34,4	42,2	37,7	14,0	11,4	12,9	73,0	72,7	72,0	12,8	16,2	15,0
11,0	14,4	10,9	35,9	44,3	37,2	16,2	17,4	15,4	36,2	42,1	36,4

\bar{x} = vážený průměr – weighed mean; S = směrodatná odchylka – standard deviation;
 $\bar{x} \pm S$ = mezní hodnoty – limit values; V = koeficient variability – coefficient of variability

III. Výnos zrna, hmotnost 1000 zrn a výška rostlin u vybraných zahraničních odrůd pšenice jarní ze sklizní let 1990 a 1991 – Grain yield, 1,000-grain weight and plant height in some foreign varieties of spring wheat from the crops of the years 1990 and 1991

Pořadové číslo	Odrůda ¹ , novošlechtění ²	Původ ³	Výnos sušiny zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)			Hmotnost 1000 zrn ⁵ (g)			Výška rostlin ⁶ (cm)		
			1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}
1.	Rafaela	ARG	4,7	3,3	4,0	34,7	34,3	34,5	115	100	108,0
2.	Hartog	AUS	5,2	5,5	5,4	41,9	44,4	43,2	85	87	86,0
3.	Cardinal	DEU	3,9	4,6	4,3	28,1	30,9	29,5	100	104	102,0
4.	Sandown	GBR	5,6	5,4	5,5	32,1	40,3	36,2	85	78	82,0
5.	ICTA Sara 82	GTM	4,5	4,5	4,5	40,0	50,1	45,1	93	95	94,0
6.	Albis	CHE	4,9	5,1	5,0	35,0	38,6	36,8	98	95	97,0
7.	Calanda	CHE	5,2	5,2	5,2	34,4	37,7	36,1	108	93	101,0
8.	Chasqui INIA	CHL	6,6	2,3	4,5	37,3	40,5	38,9	80	69	75,0
9.	Victoria	CHL	3,1	6,7	4,9	42,0	44,1	43,1	93	90	92,0
10.	Ning 8343	CHN	2,9	2,0	2,5	34,6	43,8	39,2	83	83	83,0
11.	Pakistan 81	PAK	5,0	6,7	5,9	37,6	40,6	39,1	80	81	81,0
12.	Cordillera 3	PRY	5,4	6,9	6,2	35,4	40,3	37,9	73	72	73,0
13.	Voga	PRT	5,5	5,5	5,5	33,9	36,9	35,4	83	72	78,0
14.	Egisar 29	SUN	4,7	3,6	4,2	36,2	39,5	37,9	113	120	117,0
15.	Kommunar	SUN	5,4	6,1	5,8	38,2	41,1	39,7	98	95	97,0
16.	Olymp	SUN	5,0	5,3	5,2	36,1	41,2	38,7	110	103	107,0
17.	Orenburgskaja 1	SUN	5,0	3,6	4,3	40,1	50,0	45,1	110	111	111,0
18.	Pysar 29	SUN	4,5	4,3	4,4	34,1	39,2	36,7	115	122	119,0
19.	Tjumenskaja ran.	SUN	5,4	5,3	5,4	36,2	46,5	41,4	118	97	108,0
20.	Dunlop	USA	5,2	4,2	4,7	36,0	42,2	39,1	120	100	110,0
21.	Fox	USA	4,6	4,4	4,5	33,2	44,7	39,0	108	105	107,0
22.	Moran	USA	4,6	3,7	4,2	37,0	41,3	39,2	113	97	105,0
23.	Jarka	YUG	5,9	5,5	5,7	37,0	40,5	38,8	88	80	84,0
24.	Lelija	YUG	5,6	4,5	5,1	32,8	42,4	37,6	83	85	84,0

Pořadové číslo	Odrůda ¹ , novošlechtění ²	Původ ³	Výnos sušiny zrna ⁴ (t.ha ⁻¹)			Hmotnost 1000 zrn ⁵ (g)			Výška rostlin ⁶ (cm)		
			1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}	1990	1991	\bar{x}
25.	Neretva	YUG	2,4	5,8	4,1	41,0	49,8	45,4	100	92	96,0
26.	Raduša	YUG	5,7	5,9	5,8	36,8	46,1	41,5	83	92	88,0
27.	Aronas (<i>T. durum</i>)	CYP	4,4	4,3	4,4	40,9	59,7	50,3	95	85	90,0
28.	Jara	CSK	5,8	7,0	6,4	36,5	42,2	39,4	106	92	99,0
29.	Sandra	CSK	6,2	6,8	6,5	34,8	39,2	37,0	88	78	83,0
	\bar{x}		4,9	4,8	5,0	36,4	42,5	39,4	97,4	92,7	95,4
	S		0,9	1,2	0,9	3,2	5,6	4,0	14,0	13,4	13,1
	$\bar{x} \pm S$		4,0 - 5,8	3,6 - 6,0	4,1 - 5,9	33,2 - 39,6	36,9 - 48,1	35,4 - 43,4	83,4 - 111,4	79,3 - 106,1	82,3 - 108,5
	V		18,4	25,0	18,0	8,8	13,2	10,2	14,4	14,5	13,7

¹variety; ²advanced line; ³origin; ⁴yield of grain dry matter; ⁵1,000 grain weight; ⁶plant height

mokrého lepku, větší jeho tažnost a hmotnost 1000 zrn. Je však třeba podotknout, že uvedené hodnoty platí pro celkové roční průměry, ale ne pro každou odrůdu. Výkyvy v jednotlivých letech lze zdůvodnit podmínkami pěstování a nejpravděpodobněji i citlivostí sledovaných odrůd vůči nim. I když ve vegetačním období v roce 1991 bylo více srážek než v roce 1990, v měsíci červenci, kdy zrno dozrávalo, byla vysoká teplota (tab. I). Rostliny předčasně zasychaly (nižší výška) a zrno rychle uzrávalo. V tomto roce zjištěnému vyššímu obsahu hrubých bílkovin odpovídalo i vyšší množství lepku a v roce 1990 vyšší mikrosedimentační hodnota vyšší bobtnavostí lepku a jeho nižší tažnosti. Rozdíly ve výnosech nejsou v průměru tak markantní (1990 - 4,9 t/ha, 1991 - 4,8 t/ha), ale u jednotlivých odrůd značně kolísají.

U sledovaného souboru bylo rozmezí hodnot hrubých bílkovin od 13,0 g ve 100 g sušiny zrna v roce 1990 u odrůdy Sandown (GBR) a Viktoria (CHL) do 19,1 g ve 100 g v roce 1991 u odrůdy Ning 8343 (CHN). Nejnižší mikrosedimentační hodnota byla zjištěna u pšenice tvrdé *Triticum durum*, a to 3,9 ml u odrůdy Aronas (CYP) v roce 1991. Nejvyšší hodnota mikrosedimentace 9,2 ml byla zjištěna u odrůdy Pysar 29 (SUN) v roce 1990. U mokrého lepku kolísala obsah od 25,0 g ve 100 g u jugoslávské odrůdy Lelija v roce 1990 do 54,0 g ve 100 g u odrůdy Ning 8343 (CHN) v roce 1991. Bobtnavost lepku se pohybovala od 3,0 ml zjištěných v roce 1991 u odrůd Dunlop (USA), Olymp (SUN), Ning 8343 (CHN) a Jara (CSK) do 17,0 ml u odrůdy Rafaela (ARG) v roce 1990. Rozmezí

IV. Sestupné pořadí odrůd dle získaných průměrných hodnot v letech 1990 a 1991 u obsahu hrubých bílkovin v sušině zrna a mikrosedimentační hodnoty šrotu – Degressive ranking of varieties depending upon the determined average values in the years 1990 and 1991 for crude protein content in grain dry matter and meal microsedimentation values

Hrubé bílkoviny v sušině zrna ¹			Mikrosedimentační hodnota šrotu ²		
Pořadí ³	odrůda ⁴	(g ve 100 g)	pořadí	odrůda	(ml)
1.	Ning 8343	18,4	1.	Pysar 29	8,9
2.	Rafaela	17,3	2.	Egisar 29	8,5
2.	Moran	17,3	2.	Moran	8,5
4.	Calanda	17,2	4.	Fox	8,4
5.	ICTA Sara 82	16,3	5.	Rafaela	8,2
6.	Chasqui INIA	16,2	6.	Albis	8,0
7.	Fox	15,9	7.	Hartog	7,8
8.	Albis	15,7	8.	Tjumenskaja ran.	7,6
8.	Egisar 29	15,7	8.	Neretva	7,6
8.	Tjumenskaja ran.	15,7	10.	Victoria	7,4
11.	Cordillera 3	15,4	10.	Orenburgskaja 1	7,4
12.	Lelija	15,3	12.	Chasqui INIA	7,1
13.	Pysar 29	15,2	12.	Kommunar	7,1
13.	Aronas (<i>T. durum</i>)	15,2	14.	Voga	6,9
15.	Pakistan 81	15,1	14.	Jarka	6,9
16.	Hartog	15,0	14.	Lelija	6,9
16.	Jara	15,0	14.	Sandra	6,9
18.	Neretva	14,9	18.	Calanda	6,8
19.	Jarka	14,5	18.	Olymp	6,8
19.	Sandra	14,5	20.	Dunlop	6,6
21.	Cardinal	14,4	21.	Sandown	6,2
22.	Dunlop	14,3	22.	Pakistan 81	6,1
23.	Victoria	14,2	23.	Cardinal	6,0
23.	Voga	14,2	24.	ICTA Sara 82	5,9
25.	Raduša	14,1	25.	Cordillera 3	5,6
26.	Olymp	13,8	26.	Raduša	5,4
26.	Orenburgskaja 1	13,8	27.	Jara	5,0
28.	Kommunar	13,4	28.	Ning 8343	4,6
29.	Sandown	13,3	29.	Aronas (<i>T. durum</i>)	4,2

¹crude protein in grain dry matter; ²meal microsedimentation value; ³rank; ⁴variety

bodového hodnocení pekařské hodnoty bylo od 40,5 u odrůdy Voga (PRT) v roce 1990 do 83,8 u odrůdy Fox (USA) v roce 1991. Nejmenší zjištěná tažnost lepku byla 5,0 cm v roce 1990 u odrůd Hartog (AUS), Albis (CHE) a Pysar 29 (SUN) a největší 26,0 cm u odrůdy Jara (CS) v roce 1991. Výnos zrna byl nejnižší u čínské odrůdy Ning 8343 - 2,0 t/ha v roce 1991 a naopak nejvyšší v tomtéž roce u odrůdy Jara (CSK) 7,0 t/ha. Rozmezí hodnot u hmotnosti 1000 zrn kolísalo od 28,1 g u odrůdy Cardinal (DEU) v roce 1990 do 55,7 g u odrůdy Aronas - *T. durum* (CYP) v roce 1991. Nejnižší porost 69,0 cm byl v roce 1991 u odrůdy Chasqui INIA (CHL) a svým vzrůstem nejvyšší (122,0 cm) byl u odrůdy Pysar 29 v roce 1991 (SUN).

Soubor se vyznačoval celkově vyššími hodnotami hrubých bílkovin. U průměrů za celé období sledování (dva roky) se vyskytovala podle Klasifikátoru jedna velmi vysoká hodnota 18,4 g ve 100 g sušiny zrna u odrůdy Ning 8343 (CHN). U dalších čtrnácti odrůd byly hodnoty vysoké a u zbývajících střední. Nevyskytovala se žádná odrůda s jeho nízkým obsahem. Již jmenovaná odrůda Ning 8343, Rafaela (ARG) a Moran (USA) - obě s obsahem 17,3 g ve 100 g, jakož i odrůda Calanda (CHE) s obsahem 17,2 g ve 100 g hrubých bílkovin, měly v sledovaném souboru nadprůměrné hodnoty (tab. II a IV). S odstupem za nimi se umístilo deset odrůd s dalšími vysokými hodnotami, které však v souboru lze hodnotit jako průměrné. Jednalo se o odrůdy s rozmezím od 15,1 g ve 100 g (Pakistan 81 z PAK) do 16,3 g ve 100 g (ICTA Sara 82 z GTM), neboť spodní hranice nadprůměrných hodnot souboru dosahovala 16,6 g ve 100 g. Mezi průměrnými se umístily i naše československé odrůdy Jara a Sandra. Podprůměrný obsah hrubých bílkovin v daném souboru měly odrůdy Olymp a Orenburgskaja (SUN), obě 13,8 g ve 100 g, Kommunar (SUN) s 13,4 g ve 100 g a Sandown (GBR) 13,3 g ve 100 g.

Podle údajů mikrosedimentační hodnoty šrotu můžeme předpokládat, jaká bude pekařská technologická jakost u zkoušených odrůd. Sledovaný soubor se vyznačoval vysokou průměrnou hodnotou 6,9 ml, což je podle Klasifikátoru dobrá sedimentace a se jedná o pekařsky silné pšenice (H ý ž a, 1986). Nejvyšší a v souboru nadprůměrné hodnoty byly u odrůdy Pysar 29 - 8,9 ml a Egisar 29 - 8,5 ml (obě SUN), Moran 8,5 ml a Fox - 8,4 ml (obě USA) a u odrůdy Rafaela (ARG) - 8,2 ml. Vysokých hodnot dosáhly také odrůdy Albis (CHE) - 8,0 ml, Hartog (AUS) - 7,8 ml, Tjumenskaja rannaja (SUN) a Neretva (YUG), obě 7,6 ml. Všechny uvedené odrůdy měly podle Klasifikátoru velmi dobrou sedimentaci a jsou to podle H ý ž a, 1986). Československá odrůda Sandra s hodnotou 6,9 ml se zařadila v zkoušeném souboru mezi odrůdy s průměrnou sedimentací a odrůda Jara s 5,0 ml mezi podprůměrné.

Sledujeme-li ukazatel pekařské hodnoty (tab. II a V), na čtyřech prvních místech se objevily čtyři ze jmenovaných odrůd na předních místech u mikrosedimentace šrotu. Jednalo se o odrůdy Moran (USA) s 79,1 body, Rafaela (ARG) s 78,6 body, Fox (USA) s 77,9 body, Pysar 29 (SUN) s 72,8 body, doplněné o odrůdy Albis se 76,5 body a Calandu se 72,0 body (obě CHE). V souboru byly všechny hodnoceny podle Klasifikátoru jako nadprůměrné s vysokou pekařskou jakostí a podle Prugara s jakostí velmi dobrou (P r u g a r, 1959; P r u g a r et al., 1959). Odrůda

V. Sestupné pořadí odrůd podle získaných průměrných hodnot za oba roky (1990, 1991) u obsahu mokrého lepku v mouce, jeho bobtnavosti, tažnosti a pekařské hodnoty – Degressive ranking of varieties according the determined average values in the years 1990 and 1991 for wet gluten content in flour, gluten swelling, extensibility and baking quality

Mokřý lepek v mouce ¹			Bobtnavost mokřého lepku ²			Pekařská hodnota ³			Tažnost mokřého lepku ⁴		
Pořadí ⁵	odrůda ⁶	(g ve 100 g)	pořadí	odrůda	(ml)	pořadí	odrůda	(body ⁷)	pořadí	odrůda	(cm)
1.	Ning 8343	45,5	1.	Albis	16,0	1.	Moran	79,1	1.	Ning 8343	21
2.	ICTA Sara 82	40,5	2.	Rafaela	15,0	2.	Rafaela	78,6	2.	Jara	20
3.	Calanda	38,0	2.	Fox	15,0	3.	Fox	77,9	3.	ICTA Sara 82	19
4.	Jara	36,8	2.	Moran	15,0	4.	Albis	76,5	4.	Dunlop	18
5.	Egisar 29	36,0	5.	Hartog	12,0	5.	Pysar 29	72,8	5.	Pakistan 81	14
5.	Tjumenskaja ran.	36,0	5.	Pysar 29	12,0	6.	Calanda	72,0	6.	Voga	13
5.	Moran	36,0	5.	Jarka	12,0	7.	Victoria	68,0	6.	Olymp	13
8.	Rafaela	35,5	5.	Victoria	12,0	8.	Chasqui INIA	67,8	8.	Cardinal	12
8.	Pakistan 81	35,5	9.	Chasqui INIA	11,0	9.	Jarka	67,5	8.	Calanda	12
10.	Dunlop	35,0	10.	Calanda	10,0	10.	Egisar 29	67,3	8.	Orenburgskaja 1	12
10.	Neretva	35,0	10.	Egisar 29	10,0	11.	Hartog	66,8	8.	Raduša	12
12.	Olymp	34,5	10.	Lelija	10,0	12.	Pakistan 81	65,8	12.	Neretva	11
12.	Orenburgskaja 1	34,5	10.	Sandra	10,0	12.	Tjumenskaja ran.	65,8	13.	Victoria	10
14.	Cordillera 3	34,0	14.	Sandown	9,0	14.	Cordillera 3	61,7	13.	Egisar 29	10
14.	Pysar 29	34,0	14.	Pakistan 81	9,0	15.	Aronas (<i>T. durum</i>)	61,3	13.	Tjumenskaja ran.	10

14.	Raduša	34,0	14.	Cordillera 3	9,0	16.	Sandra	61,0	13.	Sandra	10
17.	Voga	33,5	14.	Tjumenskaja ran.	9,0	17.	Neretva	60,8	17.	Sandown	9
17.	Fox	33,5	18.	Kommunar	8,0	18.	ICTA Sara 82	59,8	17.	Cordillera 3	9
17.	Aronas (<i>T. durum</i>)	33,5	18.	Neretva	8,0	18.	Lelija	59,8	17.	Kommunar	9
20.	Chasqui INIA	33,0	18.	Aronas (<i>T. durum</i>)	8,0	20.	Kommunar	56,5	20.	Rafaela	8
21.	Hartog	31,5	21.	Cardinal	7,0	21.	Ning 8343	56,3	21.	Hartog	8
21.	Cardinal	31,5	22.	ICTA Sara 82	6,0	22.	Cardinal	54,5	22.	Chasqui INIA	8
23.	Sandra	31,4	22.	Orenburgskaja 1	6,0	23.	Orenburgskaja 1	54,3	23.	Moran	8
24.	Albis	31,0	24.	Dunlop	5,0	24.	Raduša	52,5	24.	Jarka	8
25.	Kommunar	30,3	24.	Voga	5,0	25.	Sandown	51,0	25.	Aronas (<i>T. durum</i>)	8
26.	Lelija	30,0	24.	Olymp	5,0	26.	Olymp	49,3	26.	Pysar 29	7
27.	Victoria	29,5	24.	Raduša	5,0	27.	Dunlop	49,0	27.	Fox	7
28.	Jarka	29,5	28.	Ning 8343	4,0	28.	Voga	48,0	27.	Lelija	7
29.	Sandown	26,5	29.	Jara	4,0	29.	Jara	47,7	29.	Albis	6

¹wet gluten in flour; ²wet gluten swelling; ³baking quality; ⁴wet gluten extensibility; ⁵rank; ⁶variety; ⁷scores

VI. Sestupné pořadí odrůd dle získaných průměrných hodnot v letech 1990 a 1991 u výnosu zrna, hmotnosti 1000 zrn a výšky rostlin – Degressive ranking of varieties according to the determined average values in the years 1990 and 1991 for grain yield, 1,000-grain weight and plant height

Výnos sušiny zrna ¹			Hmotnost 1000 zrn ²			Výška rostlin ³		
Pořadí ⁴	odrůda ⁵	(t.ha ⁻¹)	pořadí	odrůda	(g)	pořadí	odrůda	(cm)
1.	Sandra	6,5	1.	Aronas (<i>T. durum</i>)	50,3	1.	Pysar 29	119
2.	Jara	6,4	2.	Neretva	45,4	2.	Egisar 29	117
3.	Cordillera 3	6,2	3.	ICTA Sara 82	45,1	3.	Orenburgskaja 1	111
4.	Pakistan 81	5,9	3.	Orenburgskaja 1	45,1	4.	Dunlop	110
5.	Kommunar	5,8	5.	Hartog	43,2	5.	Rafaela	108
5.	Raduša	5,8	6.	Victoria	43,1	5.	Tjumenskaja ran.	108
7.	Jarka	5,7	7.	Raduša	41,5	7.	Olymp	107
8.	Sandown	5,5	8.	Tjumlnskaja ran.	41,4	7.	Fox	107
8.	Voga	5,5	9.	Kommunar	39,7	9.	Moran	105
10.	Hartog	5,4	10.	Jara	39,4	10.	Cardinal	102
10.	Tjumenskaja ran.	5,4	11.	Moran	39,2	11.	Calanda	101
12.	Calanda	5,2	11.	Ning 8343	39,2	12.	Jara	99
13.	Olymp	5,2	13.	Dunlop	39,1	13.	Albis	97
14.	Lelija	5,1	13.	Pakistan 81	39,1	13.	Kommunar	97
15.	Albis	5,0	15.	Fox	39,0	15.	Neretva	96
16.	Victoria	4,9	16.	Chasqui INIA	38,9	16.	ICTA Sara 82	94
17.	Dunlop	4,7	17.	Jarka	38,8	17.	Victoria	92
18.	ICTA Sara 82	4,5	18.	Olymp	38,7	18.	Aronas (<i>T. durum</i>)	90
18.	Chasqui INIA	4,5	19.	Cordillera 3	37,9	19.	Raduša	88
18.	Fox	4,5	19.	Egisar 29	37,9	20.	Hartog	86
21.	Pysar 29	4,4	21.	Lelija	37,6	21.	Jarka	84
21.	Aronas (<i>T. durum</i>)	4,4	22.	Sandra	37,0	21.	Lelija	84
23.	Cardinal	4,3	23.	Albis	36,8	23.	Ning 8343	83
23.	Orenburgskaja 1	4,3	24.	Pysar 29	36,7	23.	Sandra	83
25.	Egisar 29	4,2	25.	Sandown	36,2	25.	Sandown	82
25.	Moran	4,2	26.	Calanda	36,1	26.	Pakistan 81	81
27.	Neretva	4,1	27.	Voga	35,4	27.	Voga	78
28.	Rafaela	4,0	28.	Rafaela	34,5	28.	Chasqui INIA	75
29.	Ning 8343	2,5	29.	Cardinal	29,5	29.	Cordillera 3	73

¹yield of grain dry matter; ²1,000-grain weight; ³plant height; ⁴rank; ⁵variety

Albis se objevila na předních místech pro vysokou bobtnavost mokrého lepku (16,0 ml) a odrůda Calanda pro vyšší obsah mokrého lepku - 38,0 g ve 100 g (podle Klasifikátoru vyšší střední) a průměrnou bobtnavost lepku 10,0 ml (podle Klasifikátoru střední). Pro výpočet pekařské hodnoty jsme vycházeli z údajů o obsahu mokrého lepku a jeho bobtnavosti, která se ve výsledku částečně upřednostňuje před jeho množstvím. K výpočtům jsou zapotřebí přepočítávací tabulky. Odrůda Egisar 29 (SUN) se umístila v pořadí pekařské hodnoty až na desátém místě (u mikro-sedimentace druhá v pořadí), nejpravděpodobněji pro zjištěnou jen průměrnou bobtnavost lepku 10,0 ml (podle Klasifikátoru střední), i když jeho obsah byl vyšší - 36,0 g ve 100 g (podle Klasifikátoru vyšší střední). Odrůdy, u kterých bylo vypočteno nejvyšší bodové ohodnocení pekařské hodnoty, se také vyznačovaly vysokými nebo vyššími středními hodnotami bobtnavosti mokrého lepku, ale u jeho obsahu tomu tak vždy nebylo. Např. čínská odrůda Ning 8343 měla v souboru nejvyšší množství lepku (45,5 g ve 100 g), ale pro jeho nízkou bobtnavost (4,0 ml) se umístila až na 21. místě. Podobně tomu bylo i u některých dalších odrůd, např. ICTA Sara 82 (GTM), Jara (CSK), Dunlop (USA) a další. Československá odrůda Sandra, jejíž bodové ohodnocení pekařské jakosti bylo 61,0 bodů (podle Klasifikátoru vyšší střední, podle Prugara dobrá) se umístila v souboru jako průměrná (střední obsah mokrého lepku, střední bobtnavost). Druhá naše odrůda Jara, o které už byla zmínka, získala 47,7 bodů, což byla v sledovaném souboru nejnižší hodnota, a tím se přiřadila k odrůdám pekařsky podprůměrným (podle Klasifikátoru nízká, podle Prugara vyhovující). V Listině povolených odrůd je její pekařská jakost vyjádřena jako nedoporučená až nevhodná pro potravinářské účely (hlavně pro nízkou jakost mokrého lepku), což se potvrdilo i v našich pokusech.

Ukazatel tažnosti mokrého lepku dokresloval jeho jakost. Zvláště vysoké hodnoty tažnosti, pro pekařské účely nevhodné, byly zjištěny v našem zkoušeném souboru jen u čtyř odrůd - Ning 8343 (CHN) 21,0 cm, Jara (CSK) 20,0 cm, ICTA Sara 82 (GTM) 19,0 cm a Dunlop (USA) 18,0 cm. U ostatních odrůd bylo jejich námi zjištěné rozmezí v souladu s dosud platnou ČSN 46 1141 pro potravinářskou pšenici (5 až 14 cm).

Odrůdy vyhodnocené v souboru jako pekařsky nejjakostnější měly výnosy zrna pouze průměrné (tab. III až VI). Nejvyšší výnosy zrna a v souboru nadprůměrné byly zjištěny u odrůd Sandra 6,5 t/ha a Jara 6,4 t/ha (CSK). Za ně se zařadily odrůdy Cordillera 3 (PRY) s 6,2 t/ha, Pakistan 81 (PAK) s 5,9 t/ha, Kommunar (SUN) s 5,8 t/ha a Raduša (YUG) rovněž s 5,8 t/ha. Zcela nejnižší výnos zrna byl zjištěn u čínské odrůdy Ning 8343 (2,5 t/ha).

Zvláště vysoké nadprůměrné hmotnosti 1000 zrn byly jednak u jediné v tomto souboru sledované pšenice *T. durum* Aronas (CYP) 50,3 g, pak u odrůd Neretva (YUG) 45,4 g, ICTA Sara 82 (GTM) a Orenburgskaja 1 (SUN) - u obou 45,1 g. Nejmenší zrno s hmotností 29,5 g bylo u odrůdy Cardinal (DEU).

V souboru byly u čtyř odrůd zjištěny nadprůměrné výšky rostlin (nad 108,5 cm). Jsou to tři odrůdy ze SUN (Pysar 29 119,0 cm, Egisar 29 117,0 cm, Orenburgska-

ja 1 - 111,0 cm) a odrůda Dunlop z USA - 110,0 cm. V souboru nejnižší odrůda Cordillera 3 (PRY) měla rostliny v průměru vysoké 73,0m.

Při srovnávání velikostí proměnlivosti hodnot jednotlivých stanovených ukazatelů jsme zjistili, že k nejvariabilnějším znakům patřila v obou letech bobtnavost mokrého lepku (koef. var. 37,2) a jeho tažnost (koef. var. 36,4) a k méně variabilním obsah hrubých bílkovin v zrně (koef. var. 8,5). Ve všech případech byla proměnlivost v roce 1991 větší než v roce předcházejícím.

Literatura

- BAREŠ, I. - SEHNALOVÁ, J. - VLASÁK, M. - VLACH, M. - KRYŠTOF, Z. - AMLER, P. - MALÝ, J. - BERÁNEK, V.: Klasifikátor genus *Triticum* L. Praha-Ruzyně, Výzkumný ústav rostlinné výroby, a Kroměříž, Výzkumný a šlechtitelský ústav obilnářský 1985 : 39-41.
- HOREL, J.: Chemicko-technologické rozborů zemědělských plodin. ČSAZV - Praha, SZN 1956 : 130-131.
- HÝŽA, V.: Mikrosedimentační metoda na hodnocení šlechtitelských materiálů pšenice. Genet. a Šlecht., 22, 1986 : 117-122.
- KOSTKANOVÁ, E. - ROGALEWICZ, V. - DOTLAČIL, L.: Zhodnocení metod stanovení technologické kvality genetických zdrojů pšenice. Rostl. Vyr., 35, 1989 : 1049-1055.
- KOSTKANOVÁ, E. - STEHNO, Z. - MANEV, M.: Technologická jakost zrna souboru genetických zdrojů jarní pšenice. Rostl. Vyr., 38, 1992a : 793-806.
- KOSTKANOVÁ, E. - VLASÁK, M. - MANEV, M.: Technologická kvalita zrna evropských odrůd ozimé pšenice v ekologickém pokusu. Rostl. Vyr., 38, 1992b : 779-791.
- PRUGAR, J.: Hodnocení technologické jakosti pšenice II. Výpočet obsahu suchého lepku z lepku mokrého s uvážením jeho fyzikálních vlastností (bobtnavosti). Rostl. Vyr., 5, 1959 : 1145-1150.
- PRUGAR, J. - HOREL, J. - HÝŽA, V.: Hodnocení technologické jakosti pšenice I. Nový způsob bonitace, pšeničného zrna po stránce pekařské hodnoty. Rostl. Vyr., 5, 1959 : 1137-1144.
- ŠKORPÍK, M.: Biometrická příručka. Praha-Ruzyně, VÚRV 1965 : 128 s.
- ČSN 46 1141. Obiloviny. Pšenice potravinářská. Praha 1985.

Došlo dne 2. 7. 1993

E. Kostkanová, M. Manev, Z. Stehno (Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně, Czech Republic)

Baking quality of grain of some foreign spring wheat varieties from the collection of genetic sources

In the years 1990 and 1991, in the Research Institute of Crop Production in Praha-Ruzyně grain was evaluated in 27 foreign varieties of spring wheat and two Czechoslovak varieties (Sandra and Jara) with respect to crude protein content, meal microsedimentation value (micro SDS-test), gluten amount in flour and its quality, baking quality supplemented with grain yield, 1,000-grain weight and plant height. The varieties were grown in field trials in the sugar beet-growing region, sugar beet-wheat growing subtype. Agronomical practices were uniform for all the varieties as usually performed for the given crop and region. The objective of the study was to determine basic quality indicators in the given set of varieties in the conditions of the Czech Republic.

The content of crude proteins was determined after Kjeldahl, microsedimentation value after H ý ž a (1986), wet gluten amount pursuant to ICC standard no. 137, swelling capacity of wet gluten according to Berliner in Horel's modification (H o r e l, 1959), baking quality after Prugar (P r u g a r, 1959; P r u g a r et al., 1959), wet gluten extensibility as the value read on a ruler, yield of grain dry matter, 1,000-grain weight and plant height by usual procedures.

In the above-mentioned indicators, the highest variability was determined in wet gluten swelling (coef. of var. 37.2) and extensibility (coef. of var. 36.4), the lowest variability was found in the content of crude proteins (coef. of var. 8.5). The effect of agronomical practices in particular years of growing has been demonstrated as exerted on the indicators of grain quality.

In the evaluated set these varieties had above-average values of the particular indicators:

- crude protein content - Ning 8343 from China (18.4 g per 100 g grain dry matter), Rafaela from Argentina (17.3 g per 100 g), Moran from the United States of America (17.3 g per 100 g) and Calada from Switzerland (17.2 g per 100 g);

- meal microsedimentation value - Pysar 29 and Egisar 29 from the former Soviet Union (8.9 and 8.5 ml), Moran and Fox from the USA (8.5 and 8.4 ml) and Rafaela from Argentina (8.2 ml);

- wet gluten content - Ning 8343 from China (45.5 g per 100 g), ICTA Sara 82 from Guatemala (40.5 g per 100 g), Calada from Switzerland (38.0 g per 100 g);

- wet gluten swelling - Albis from Switzerland (16.0 ml), Rafaela from Argentina (15.0 ml), Fox and Moran from the USA (both 15.0 ml);

- baking quality - Moran from the USA (79.1 scores), Rafaela from Argentina (78.6 scores), Fox from the USA (77.9 scores), Albis from Switzerland (76.5 scores), Pysar 29 from the former Soviet Union (72.8 scores), Calada from Switzerland (72.0 scores) - this score evaluation after Prugar denotes very good baking quality;

- wet gluten extensibility - Ning 8343 from China (21.0 cm), Jara from the former Czechoslovakia (20.0 cm), ICTA Sara 82 from Guatemala (19.0 cm) and Dunlop from the USA (18.0 cm); all these varieties have gluten extensibility which is not suitable for the bakery segment;

- yield of grain dry matter - Sandra (6.5 t/ha) and Jara (6.4 t/ha) from Czechoslovakia, Cordillera 3 from Paraguay (6.2 t/ha), Pakistan 81 from Pakistan (5.9 t/ha), Kommunar (5.8 t/ha) and Raduša from Yugoslavia (5.8 t/ha);

- 1,000-grain weight - Aronas (*T. durum*) from Cyprus (50.3 g), Neretva from Yugoslavia (45.4 g), ICTA Sara 82 from Guatemala (45.1 g), Orenburgskaya 1 from the former Soviet Union (45.1 g);

- plant height - Pysar 29 (119.0 cm), Egisar 29 (117.0 cm), Orenburgskaya 1 (111.0 cm) - all these three varieties come from the former Soviet Union, and Dunlop from the USA (110.0 cm).

spring wheat; grain; nutritive and technological quality; crude protein; micro-SDS-test; wet gluten; baking quality; grain yields; 1,000-grain weight; plant height



VÝHODNÝ LEASING
STROJŮ A ZAŘÍZENÍ
NEJEN PRO ZAČÍNÁJÍCÍ
PODNIKATELE

ADEKO a. s. Vám nabízí

- kapitálovou účast v jiných podnikatelských subjektech
- společné podnikání
- poradenskou, konzultační a zprostředkovatelskou činnost v oboru ekologie
- investorskou a investiční činnost
- řešení odbytových potíží výrobcům a obchodním organizacím formou leasingového financování

ADEKO a. s.
Slezská 7
120 56 Praha 2
tel.: 258 342 fax.: 207 229



VYŠLECHTĚNÍ ODRŮDY SLADOVNICKÉHO JEČMENE NOVÉHO MORFOTYPU FORUM

František BRÜCKNER

Kojetínská 1459, 767 01 Kroměříž

Je popsán postup šlechtění ječmene jarního odrůdy Forum s erektoídním klásem, s krátkým stéblem, s nespécifickou odolností proti padlí travnímu (*Erysiphe graminis* DC.) a specifickou odolností proti rzi ječné (*Puccinia hordei* Otth.). Na vyšlechtění této odrůdy se podílel velký počet ječmenů značně se lišících v morfologických i fyziologických znacích. Šlechtění se neobešlo bez opakovaných selekcí, které se prováděly v raných generacích, takže vytčeného cíle bylo dosaženo při poměrně nízkých nákladech.

selekční metody; morfotyp; odolnost k chorobám; sladovnická kvalita

Při šlechtění ječmene tohoto morfotypu jsme vycházeli z myšlenky, že morfologické znaky určují výnosový potenciál (R u d o r f, 1959), kdežto znaky fyziologické vytyčují hranice jeho naplnění. Za základ výnosového potenciálu jsme zvolili morfotyp odrůdy Diamant (B o u m a, 1967), který se lišil od dříve pěstovaných odrůd nejenom kratším stéblem, ale především odlišným vývojovým rytmem. Ten spočívá v prodloužené době odnožování, spojené s bohatým odnožováním a prodlouženou vegetační dobou. Pro dosažení vysokých výnosů však nestačí jen velká asimilační plocha, ale i její vysoká funkčnost během celé vegetace. Tu poskytuje taková architektura porostu, která umožňuje pronikání světla ke všem asimilačním orgánům. Podle našeho názoru ke splnění tohoto požadavku jsou důležité nejenom vzpřímené listy, ale i vzpřímený klas. Pro funkčnost asimilačních orgánů má velký význam i jejich dobrý zdravotní stav. Proto požadavkem odrůd musí být odolnost alespoň k nejdůležitějším, zejména listovým chorobám. Uvedený ideotyp ječmene byl podrobněji popsán ve Sborníku ČAZ (B r ü c k n e r, 1976).

MATERIÁL a METODY

Odrůda Forum vznikla velmi složitým křížením tří kmenů a maďarské odrůdy ječmene ozimého se vzpřímeným, velmi hustým klásem [(H 387/75 x Horpatsi kétszőros) H 1712(78) x 0 44/78]. Všechny tři v rodokmenu uvedené kmeny jsou diamantového typu a vznikly velmi složitými šlechtitelskými postupy s využitím velkého počtu odrůd. Kmen H 387/75 se vyznačoval odolností vůči padlí (*Erysiphe graminis* DC.) podmíněnou recesivním genem *ml-o*. Ten se na rozdíl od domi-

nantních genů vyznačuje nespecifickou, a tedy i trvalou odolností vůči této chorobě (Jörgensen, 1984). Do kmene byl převeden z etiopského bezpluchého a bezosinného ječmene Ab 6 (Brückner, 1973). Kmen H 1712/78 kromě genu *ml-o* obsahoval i gen *Pa-3* pro specifickou odolnost proti rzi ječné (*Puccinia hordei* Oth.), převedený z dvouřadého ječmene odrůdy Ribari. Stejný gen obsahoval i kmen O 44/78, avšak jeho původ pocházel z šestiřadého ječmene odrůdy Estate. Identitu genu *Pa-3* v obou odrůdách prokázali Clifford a Udeogalanya (1976). Na rozdíl od předešlých dvou kmenů kmen O 44/78 měl vzpřímený klas po již uvedeném maďarském ječmeni. Konečné křížení jsme provedli ve sklenku v roce 1980 a ještě v témže roce byla ve sklenku vypěstována generace F₁. Sklizená zrna byla v následujícím roce individuálně vyseta na poli do 69 řádků po 20 zrnech jako generace F₂. V této generaci došlo k výraznému štěpení v délce vegetační doby (jarní a ozimé typy), ve výšce rostlin, morfologii i zabarvení klasu. V uvedeném roce byl silný přirozený výskyt padlí, a tak nebylo obtížné během vegetace označit rostliny touto chorobou nenapadené s požadovaným morfotypem.

Zrna 20 takto vybraných rostlin jsme vyseli v roce 1982 v kmenové školce. Společným znakem kmenů byla jen odolnost proti padlí a diamantový typ růstu. V dalších znacích však tyto kmeny značně štěpily. Proto se přistoupilo k další selekci. Pět kmenů morfologicky nejvyrovnanějších se sklídilo po rostlinách a po vyláčení se zrna z jednotlivých rostlin dala do průsvitných celofánových sáčků a posuzovala se podle množství zrna na rostlinu, velikosti zrna a podle jemnosti pluchy. Pouze 15 takto vyselektovaných potomstev bylo vyseto v roce 1983 již s označením S kmeny, které již byly v morfologii klasu i délce vegetační doby značně vyrovnané. Při silném výskytu rzi ječné v tomto roce se prokázala i odolnost vůči této chorobě. Ve značné míře se ale vyskytlo štěpení v barvě klasů, a to u 13 kmenů. Celkem bylo sklizeno šest kmenů, u kterých se provedly technologické rozbory na výši extraktu (Ex) a bílkovin (N). Tyto základní ukazatele sladovnické kvality však nebyly uspokojivé. Jako nejlepší v tomto směru se ukázaly kmeny S 2 (Ex - 79,81 %, N - 11,86 %) a S 10 (Ex - 79,48 %, N - 12,94 %). Shodou okolností oba kmeny patřily k těm, které štěpily v barvě klasu. Kmen S 2 se proti kmenu S 10 vyznačoval výrazně kratším stéblem. S těmito kmeny jsme provedli v roce 1984 orientační výnosové zkoušky na parcelách o velikosti 10 m² bez opakování. Oba kmeny byly zasety tak, že uprostřed nich byl kmen KM 123 - pozdnější odrůda Zenit, která se v té době používala jako výnosová standarda. Zbylé osivo se po zrnech vyselo pro další selekci. Kmen S 2 dosáhl výnosu 9,53 kg, S 10 9,29 kg a KM 123 9,40 kg. Sladovnické ukazatele u kmenu S 2 byly Ex - 79,57 %, N - 11,48 % a u S 10 Ex - 79,02 % a N - 13,19 %.

Z těchto důvodů jsme se pro další selekci zaměřili pouze na kmen S 2. V roce 1985 jsme vyseli 400 pod lupou vybraných zrn s jemnou pluchou. Další selekce na jemnost pluchy se provedla u sklizených rostlin. V následujícím roce jsme vyseli 40 kmenů, které již byly morfologicky značně vyrovnané. Z tohoto počtu pouze dva kmeny štěpily v barvě klasu, jeden kmen měl klas zelený, kdežto ostatní

kmeny měly klas šedo zelený. Všechny kmeny až na kmeny štěpící v barvě byly sklizeny a zrno podrobena technologickým analýzám.

Pouze osm kmenů s extraktem vyšším než 80 % jsme v roce 1987 vyseli na parcelách 10 m² bez opakování. Dobrá sladovnická kvalita těchto kmenů se plně potvrdila a rovněž ve výnosu vesměs předčily kontrolní odrůdu Zenit. V roce 1986 byly již kmeny vysety v šesti opakováních po 10 m². Zbytky osiva jednotlivých kmenů byly sesypány. Část takto získaného osiva byla použita k obelání mezistanických předzkoušek (MPZ) a zbytek byl použit k množení. Po sklizni výsledky potvrdily vysokou výnosovou kapacitu jednotlivých kmenů. Rovněž v MPZ, kde bylo nšl. S 2 zařazeno mezi velmi nízké typy, výnosově nezklamalo. Po sklizni byl veškerý materiál předán na SŠ Branišovice.

VÝSLEDKY

Po úspěšném absolvování MPZ i v roce 1989 bylo novošlechtění přijato v roce 1990 do Státních zkoušek - ÚKZÚZ pod označením KM-BR-S 2. Tento rok byl zvláště příznivý pro realizaci výnosového potenciálu tohoto nšl. Dosáhlo absolutně nejvyššího výnosu všech zkoušených odrůd a nšl., a to 109 %. Odrůdy a nšl. v dalším pořadí dosáhly 106 %. Špičkové výnosy u KM-BR-S 2 byly kolem 10 t/ha.

Podle výsledků Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského Praha, pracoviště Brno, byla sladovnická kvalita v tomto roce srovnatelná s naší nejjakostnější odrůdou Rubín (tab. I).

I. Srovnání sladovnické kvality odrůdy Rubín a nšl. KM-BR-S2 v roce 1990 – Comparison of malting quality of the Rubín cultivar and new selection KM-BR-S2 in 1990

Znak ¹	HTZ ² (g)	Podíl zrna ³ 2,5mm (%)	Bílkoviny v sušině zrna ⁴ (%)	Extrakt v sušině sladu ⁵ (%)	Koba- chovo číslo ⁶	Diastaická mohutnost ⁷ W.K.	Konečný stupeň prokvašení ⁸ (%)
Rubín	45,8	91	10,5	82,8	44,8	235	81,6
KM-BR-S2	41,6	83	10,4	82,6	44,1	318	81,6

¹trait; ²TKW; ³proportion of grain; ⁴proteins in dry matter; ⁵extract in dry matter; ⁶Kolbach's number; ⁷diastatic capacity; ⁸final degree of wort attenuation

Krajně nepříznivým rokem byl pro nšl. KM-BR-S 2 velmi teplý a suchý rok 1992, kdy se dosáhlo podprůměrných výnosů v ČR 98,3 % a v SR 98,1 %. Bylo to však více než u odrůdy Rubín (94,9 % a 97,1 %).

Na základě tříletých výsledků v SOZ bylo novošlechtění KM-BR-S 2 v roce 1993 povoleno jako odrůda Forum. Tuto novou odrůdu možno charakterizovat odlišným morfotypem od běžně pěstovaných sladovnických odrůd. Je to velmi

nízký, intenzivní, silně odnožující typ ječmene, polopozdní, odolný proti napadení padlím a hnědou skvrnitostí listů. Ačkoliv obsahuje specifický gen odolnosti proti rzi ječné, v současné době se odolnost ztrácí v důsledku změny spektra patotypů (ras) této rzi. Klas je dvouřadý, sbíhavý, hustý, v době metání vzpřímený. Vysokých výnosů dosahuje zejména po dobrých, organicky hnojených předplodinách. Vyžaduje vláhovou jistotu, zejména v době po metání. Zrno je drobnější, vysoké sladovnické kvality.

Odrůda Forum představuje odrůdu, která ze současných odrůd vznikla vůbec nejsložitějším postupem z materiálů po genetické stránce velmi odlišných. Pro dosažení konečného cíle se tedy muselo přistoupit k opakovaným selekcím. Ty se prováděly v raných fázích šlechtění nejenom na rezistenci a morfologickou vyrovnanost, ale i na sladovnickou kvalitu, a to z větší části jen vizuálně. Tím se stalo, že rozsah vedených šlechtitelských materiálů byl velmi malý a zaujímal jen velmi malou plochu, proto náklady na vyšlechtění odrůdy Forum byly tak velmi nízké.

DISKUSE

Vyšlechtění odrůdy Forum je důkazem, že cílevědomým šlechtitelským postupem lze vyšlechtit kvalitní sladovnickou odrůdu i při využití velkého počtu odrůd značně se lišících v morfologických znacích i kvalitativních ukazatelích. Na třetím mezinárodním genetickém sympoziu ječmene *W i e b e* (1975) v úvodním referátu s politováním konstatoval: „... jak úzký genový základ byl použit pro šlechtění dnešních odrůd a dokonce ještě více je udivující, jak málo nových genetických zdrojů je nyní přidáváno ...“.

Cílevědomým šlechtěním na rezistenci však toto konstatování pro naše odrůdy přestalo platit. Svědčí o tom rodokmeny čs. odrůd ječmene, které neodvozují svůj původ od současných nebo starších odrůd, ale od šlechtitelských kmenů, vzniklých u většího počtu odrůd složitými šlechtitelskými postupy. Tradičně vysokou úroveň našich ječmenů bychom neudrželi, kdyby se šlechtění ubíralo směrem (*Le k e š*, 1968), který při šlechtění vylučoval použití ječmenů s nízkou sladovnickou kvalitou. Naopak při využívání většího počtu geneticky značně odlišných ječmenů dochází k transgresi, tj. k zesílení určitého znaku. V případě odrůdy Forum tomuto jevu lze přičíst nejenom neobvyklou diastatickou mohutnost *W.K.*, ale i výrazné zkrácení stébla.

Není pochyb o tom, že odrůdy rezistentní k určité chorobě při jejím silném výskytu nejsou ve výnosu ovlivněny nebo jen velmi nepatrně (*B r ů c k n e r*, 1981). Obtížněji se dosahuje adaptability ke stanovištním podmínkám a ročníkovým výkyvům počasí. To se projevilo i u odrůdy Forum v povětrnostně značně odlišných ročnících 1990 a 1992. *W i e b e* (1975) vidí cestu ke zmírnění vlivu tohoto fenomenu ve šlechtění víceliniových odrůd. V současné době však bez liberalizace požadavků na morfologickou uniformitu odrůd není tento problém řešitelný.

Literatura

- BOUMA, J.: New variety of spring barley "Diamant" in Czechoslovakia. In: Induzierte Mutationen und ihre Nutzung. Erwin Baur Gedächtnisvorlesungen IV, 1966, Abh. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Akademie-Verlag 1976.
- BRŮCKNER, F.: Využití zdrojů rezistence u geneticky vzdálených forem ve šlechtění sladovnických ječmenů. Genet. a Šlecht., 9, 1973 : 135-140.
- BRŮCKNER, F.: Ideotyp jarního ječmene do roku 2000. In: Ideotypy pšenice, ječmene a kukuřice do roku 2000. In: Sbor. ČSAZ Praha, 1976 : 167-172.
- BRŮCKNER, F.: Význam šlechtění sladovnického ječmene na odolnost proti listovým chorobám. Genet. a Šlecht., 17, 1981 : 261-269.
- CLIFFORD, B. C. - UDEOGALANYA, A. C. C.: Hypersensitive resistance of barley to brown rust (*Puccinia hordei* Otth.). In: Proc. 4th Europ. Mediter. Cereal Rust Conf., Interlaken 1976 : 27-31.
- JÖRGENSEN, I. H.: Durability of the *ml-o* powdery mildew resistance genes in barley. Votr. Pfl.- Zücht., 6, 1984 : 22-31.
- LEKEŠ, J.: Aktuální otázky šlechtění sladovnického ječmene v ČSSR. Genet. a Šlecht., 4, 1968 : 155-164.
- RUDORF, W.: Neue Grundlage und Methoden zur Züchtung auf Leistung. Z. Pfl.- Zücht., 35, 1956 : 441-460.
- WIEBE, G.A.: The challenge facing barley breeders today. Barley Genetics III. Garching 1975 : 1-10.

Došlo dne 1. 4. 1993

F. Brückner (Kojetínská 1459, Kroměříž)

The breeding of the malting barley cultivar of new morphotype Forum

The procedure of spring barley Forum with erectoid spike, short stem, non-specific resistance to powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC.) and specific resistance to leaf rust of barley (*Puccinia hordei* Otth.). To breed this cultivar a high number of barleys, much differentiated in morphological and physiological traits, participated in it. Breeding did not manage without repeated selections which were performed in early generations, so the defined aim was gained at relatively low costs.

selective methods; morphotype; resistance to diseases; malting quality

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

UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE VĚDECKÝCH ČASOPISŮ ČAZV A SAPV

Od roku 1994 bude zajišťovat distribuci vědeckých časopisů vydavatel - Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha.

Věříme, že i v dalších letech zůstanete odběrateli našeho vědeckého časopisu.

	Periodicita	Rozsah	Předplatné
Rostlinná výroba	12	96 s.	420,-
Živočišná výroba	12	96 s.	420,-
Veterinární medicína	12	64 s.	360,-
Zemědělská ekonomika	12	96 s.	420,-
Lesnictví	12	48 s.	420,-
Potravinářské vědy	6	80 s.	192,-
Zemědělská technika	4	80 s.	128,-
Ochrana rostlin	4	80 s.	128,-
Genetika a šlechtění	4	80 s.	128,-
Zahradnictví	4	80 s.	128,-

Objednávky zasílejte na adresu:

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

ODOLNOST ČESKÝCH POVOLENÝCH ODRŮD A NOVOŠLECHTĚNÍ PŠENICE OZIMÉ K PADLÍ TRAVNÍMU (*ERYSIPHE GRAMINIS* DC. F. SP. *TRITICI* MARCHAL)

Renata HANUŠOVÁ, Pavel BARTOŠ

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6-Ruzyně

České povolené odrůdy a novošlechtění pšenice ozimé ze státních odrůdových zkoušek ÚKZÚZ byly v letech 1989 až 1992 testovány kolekcí izolátů padlí travního umožňující rozlišit účinek jednotlivých známých major genů rezistence. Údaje o genetickém založení rezistence studovaných odrůd a linií, získané aproximativně, pak byly ověřovány hybridologickou analýzou, tj. testováním kříženců studovaných odrůd v F₁, F₂ a F₃ generaci. Více než polovina odrůd a novošlechtění obsahuje geny pro specifickou odolnost k padlí travnímu. Výsledky ukázaly možnost inhibice genu *Pm8* dalším genem. Částečnou odolnost podmiňuje v našich podmínkách gen *Pm4b* a kombinace genu *Pm2+6*. Geny *Pm5* a *Pm8* jsou neúčinné k převládajícím rasám padlí travního. Polní odolnost některých novošlechtění bez major genů rezistence může být podmíněna geny pro odolnost v dospělosti.

Erysiphe graminis f. sp. *tritici*; pšenice ozimá; specifická rezistence; major geny

Padlí travní jako obligátní parazit pšenice způsobuje každoročně škody ve většině zemí Evropy; ztráty mohou v extrémních případech dosáhnout až 30 %. Příčinou je především intenzivní způsob pěstování obilovin, dále pak vysoký reprodukční potenciál a značná variabilita a adaptabilita patogena, stejně jako snadný přenos spor větrem na velké vzdálenosti. Ochranu pšenice proti padlí lze zajistit bez ohrožení životního prostředí pouze pěstováním odolných odrůd. Rezistence založená major geny je i přes svou relativně krátkodobou účinnost stále základem mnohých šlechtitelských programů. Údaje o genetickém založení rezistence odrůd jsou proto nezbytnou informací nejen pro šlechtitele, ale umožňují též vhodnou volbu odrůdové struktury a odhad účinnosti rezistence pěstovaných odrůd.

MATERIÁL a METODY

V letech 1989 až 1992 jsme studovali genetický základ rezistence k padlí travnímu u českých povolených odrůd pšenice ozimé a u českých novošlechtění zkoušených v těchto letech ve státních odrůdových zkouškách ÚKZÚZ.

Osivo použité k pokusům pocházelo z odrůdové zkušebny ÚKZÚZ Sedlec a bylo totožné s osivem použitým v příslušném roce v pokusech ÚKZÚZ. Izoláty patogena pro skleníkové testy jsme vybrali z cca 200 jednopustulových izolací získaných v počátečním stadiu vývoje mycélia po řídké infekci na náchylné odrůdě Diana. Výchozí infekční materiál pocházel z přirozeného výskytu padlí travního v Praze-Ruzyni. Z vybraných izolátů jsme sestavili kolekci izolátů, které se lišily reakcemi k diferenačním odrůdám testovacího sortimentu (L u t z et al., 1992) a umožňovaly určit jednotlivé známé geny rezistence. Údaje o přítomnosti genu *Pm5* byly získány spoluprací s Ústavem pro pěstování a šlechtění rostlin ve Weißenstephanu (SRN).

Pro aproximativní analýzy, tj. testy více rasami patogena, jsme rostliny předpěstovávali v kořenáčích ve skleníku při teplotě 15 až 25 °C a ve fázi prvního listu jsme je zakryté skleněnými válci inokulovali poprášením konidii padlí. Rostliny jsme dále přechovávali v klimatizovaném boxu s teplotním a světelným režimem (noc - 10 hodin, 10 až 12 °C; den - 14 hodin, 15 až 18 °C, osvětlení 3000 lx). Za 10 až 14 dnů po inokulaci jsme hodnotili napadení mladých rostlin infekčními typy 0 až 4 (M a i n s, D i e t z, 1930). Reakce studovaných odrůd a linií jsme srovnávali s reakcemi odrůd se známými geny rezistence a podle shodných reakcí jsme usuzovali na přítomnost týchž genů rezistence.

U odrůd, u nichž se podle výsledků aproximativních analýz dalo usuzovat na přítomnost známých genů rezistence k padlí travnímu, jsme dále studovali genetické založení rezistence hybridologickou analýzou. Hodnotili jsme reakce F_1 , F_2 a F_3 generace kříženců studované odrůdy s náchylnou odrůdou nebo s jinou odrůdou se známými geny rezistence. Testy probíhaly ve skleníku ve fázi jednoho až dvou listů. Rezistentní reakce je označena symbolem R, náchylná S a štěpící reakce Seg.

Odolnost odrůd a novošlechtění testovaných v klíčící fázi byla po čtyři roky (u novošlechtění dva až čtyři roky) hodnocena též v dospělosti v polních pokusech ve VÚRV Praha-Ruzyně po napadení přirozenou populací padlí travního, a to stupnicí ÚKZÚZ 1 až 9, kde 1 značí náchylnou a 9 odolnou reakci.

VÝSLEDKY a DISKUSE

Aproximativní analýzy – Údaje o genetickém založení odolnosti českých odrůd a novošlechtění pšenice k padlí travnímu získané testováním mladých rostlin souborem izolátů patogena a v řadě případů ověřené hybridologickou analýzou (označené hvězdičkou) jsou uvedeny v tab. I a II. Téměř polovina českých odrůd pšenice ozimé nemá žádný známý major gen rezistence; tři odrůdy mají rezistenci řízenou jedním genem a v ostatních odrůdách se kombinuje účinek dvou nebo tří genů rezistence (*Pm2*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm8*). Přibližně u poloviny českých novošlechtění nepředpokládáme žádný známý major gen rezistence. Odolnost řady novošlechtění řídí pravděpodobně geny *Pm2*, *Pm4b*, *Pm6* a *Pm8* buď jednotlivě,

I. Odolnost českých povolených odrůd pšenice ozimé k padlí travnímu (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) – Resistance of the Czech registered cultivars of winter wheat to powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)

Odrůda		Rok povolení ³	Geny rezistence ⁴	Ø stupeň napadení v dospělosti ⁵
Odrůdy s geny rezistence ¹	*Branka	1988	<i>Pm4b, Pm8</i>	5,6
	Regina	1982	<i>Pm5</i>	4,0
	*Sabina	1983	<i>Pm4b, (Pm8)</i>	5,0
	*Selekta	1985	<i>Pm4b, Pm8</i>	4,5
	*Senta	1991	<i>Pm8</i>	4,5
	Sida	1993	<i>Pm4b, Pm8</i>	4,9
	*Simona	1991	<i>Pm2, Pm4b</i>	4,9
	*Sofia	1990	<i>Pm2, Pm4b, Pm8</i>	4,9
	*Sparta	1988	<i>Pm2, Pm4b, Pm8</i>	4,8
	*Zdar	1983	<i>Pm4b, Pm5</i>	5,4
	Odrůdy bez genů rezistence ²	Hana	1985	-
Mara		1984	-	3,7
Odra		1981	-	4,0
Samanta		1993	-	4,4
Slavia		1976	-	4,5
Vala		1980	-	4,0
Vega		1992	-	4,6
Vlada		1990	-	4,9

* výsledky ověřeny hybridologickou analýzou – the results tested by genetic analysis

¹cultivars with resistance genes; ²cultivars without resistance genes; ³year of registration; ⁴resistance genes; ⁵infection rate at maturity (1 - susceptible, 9 - resistant)

nebo v kombinacích. Výsledky jsou doplněny údaji o průměrném stupni napadení odrůd a linií v dospělosti v polních podmínkách.

Hybridologické analýzy – Výsledky hybridologických analýz, tj. reakce v F₁ generaci, štěpení v F₂ a F₃ generaci a vyhodnocení shody získaných štěpných poměrů s očekávaným štěpným poměrem pomocí χ^2 -testu, jsou shrnuty v tab. III. Tab. IV uvádí reakce rodičovských odrůd ze studovaných křížení k použitým izolátům padlí travního. U odrůd s translokací nebo substitucí 1B/1R jsme při interpretaci výsledků brali v úvahu zkušenosti s nepravidelným (sníženým) přenosem gene-

II. Odolnost českých novošlechtění ozimé pšenice k padlí travnímu (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) – Resistance of the Czech advanced lines of winter wheat to powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)

Novošlechtění ¹		Předpokládané geny rezistence ⁴	Ø stupeň napadení v dospělosti ⁵
Linie s geny rezistence ²	HE 3575	<i>Pm2, Pm6, Pm8</i>	6,2
	RU-UH-512	<i>Pm2</i>	5,0
	ST 258	<i>Pm2, Pm6</i>	6,8
	ST 265	<i>Pm2, Pm6, Pm4b</i>	6,3
	UH 139	<i>Pm2, Pm6</i>	6,8
	UH 466	<i>Pm4b</i>	5,5
	UH 682	<i>Pm2, Pm4b</i>	5,0
	UH-Mi-61a	<i>Pm8</i>	5,8
Linie bez genů rezistence ³	BR 1522	-	5,3
	BR 2069	-	6,0
	BR 614	-	5,8
	HE 3031	-	4,8
	ST 467	-	5,0
	UH 109	-	5,3
	UH 540	-	6,0

¹advanced lines, ²lines with resistance genes, ³lines without resistance genes, ⁴expected resistance genes, ⁵infection rate at maturity

tické informace získané z cizích chromozómů (tj. nadbytek náchylných rostlin proti očekávanému štěpení), které byly popsány dříve (B a r t o š, B a r e š, 1971).

Branka je odrůda vyšlechtěná křížením (WSt. 378 x Mironovská 808) x (BR 1155 x San Pastore x Bezostaja 1 x E 4449) a její odolnost zřejmě pochází z linie z Weihenstephanu označené zkráceně WSt. 378. Podle reakcí k souboru izolátů se předpokládají v odrůdě Branka geny *Pm8* a *Pm4b*.

F₁ generace křížení Branka x Maris Huntsman měla po inokulaci izolátem 47 avirulentním ke genu *Pm8* a *Pm4b* a virulentním ke genům *Pm2* a *Pm6*, které obsahuje odrůda Maris Huntsman, rezistentní až intermediární reakci. Štěpení F₂ generace ve dvou testech odpovídalo poměru 13R : 3S pro dva geny rezistence, jeden dominantní a jeden recesivní, s mírným posunem k náchylnosti, který mohl být způsoben translokací 1B/1R. Testování izolátem 112, který byl avirulentní jen

III. Hybridologické analýzy odolnosti českých odrůd pšenice k padlí travnímu (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) – Hybridological analyses of resistance of the Czech wheat cultivars to powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)

Křížení ¹	Generace ²	Izolát ³	Počet rostlin / linií ^{*4}				Očekávané štěpení ⁵	χ^2	P
			R	S	Seg.	Σ			
Branka x Maris Huntsman	F ₁	112	6	-	-	6	-	0,9865	0,5 - 0,2
	F ₂	112	117	32	-	149	3 : 1		
	F ₁	47	13	-	-	13	-	0,7640	0,5 - 0,2
	F ₂	47	225	59	-	284	13 : 3		
Branka x Regina	F ₂	8	72	21	-	93	13 : 3	0,899	0,5 - 0,2
	F ₂	32	91	28	-	119	13 : 3	1,779	0,20 - 0,05
Sabina x Selektá	F ₁	58	-	14	-	14	-	0,6273	0,5 - 0,2
	F ₂	58	38	98	-	136	1 : 3		
	F ₂	43	26	103	-	129	1 : 3	1,6149	0,5 - 0,2
	F ₂	61	41	119	-	160	1 : 3	0,033	0,99 - 0,95
	F ₁	102	2	-	-	2	-	-	-
	F ₂	102	142	-	-	142	-		
Maris Huntsman x Sabina	F ₁	112	2	-	-	2	-	0,0022	0,99 - 0,95
	F ₂	112	107	36	-	143	3 : 1		
	F ₁	47	3**	-	-	3	-	0,1217	0,8 - 0,5
	F ₂	47	106	33	-	139	3 : 1		
							51 : 13	1,0077	0,5 - 0,2
Selektá x Zdar	F ₂	112	135	-	-	135	-	0,0036	0,99 - 0,95
	F ₂	58	68	23	-	91	3 : 1		

IV. Reakce rodičovských odrůd k izolátům padlí travního použitým k testování F₁, F₂ a F₃ generace kříženců – The reactions of parental varieties to powdery mildew isolates used for testing F₁, F₂ and F₃ generations of crosses

Odrůda ¹	Předpokládané geny rezistence ²	Reakce k izolátu ³																
		1	8	18	32	34	35	43	45	47	58	61	74	102	112	202	212	222
Agra	<i>Pm2, 6, 8</i>								R	S			R		S			
Branka	<i>Pm4b, 8</i>		R		R					R					R			
Ilona	<i>Pm5</i>			S														
Maris Huntsman	<i>Pm2, 6</i>						S			S					S			
Regina	<i>Pm5</i>	S	S		S		S			S	S				S			S
Sabina	<i>Pm4b, 8</i>							S		R	S	S		R	R			
Selekta	<i>Pm4b, 8</i>							R		R	R	R		R	R			
Senta	<i>Pm8</i>										R					R		
Simona	<i>Pm2, 4b</i>																R	R
Sofia	<i>Pm2, 4b, 8</i>	R									R		R		R			
Sparta	<i>Pm2, 4b, 8</i>	R	R			R	R									R		
Vala	-	S	S			S			S	S			S					
Wh 378	<i>Pm4b, 8</i>													R				
Zdar	<i>Pm4b, 5</i>	S		R					S		S		S	R	R		S	

¹variety; ²expected resistance genes; ³reaction to isolate

Agra x Selektá	F ₁	47	2	-	-	2	-		
	F ₂	47	108	20	-	128	13 : 3	0,8204	0,5 - 0,2
	F ₂	112	72	36	-	108	3 : 1	4,0	0,05 - 0,01
Senta x Zdar	F ₂	58	77	38	-	115	3 : 1	3,468	0,20 - 0,05
Senta x Sparta	F ₂	202	144	2	-	-	-		
Simona x Regina	F ₁	222	5	-	-	5	-		
	F ₂	222	107	45	-	152	3 : 1	1,7192	0,2 - 0,05
Simona x Zdar	F ₁	212	7	-	-	7	-		
	F ₂	212	95	37	-	132	3 : 1	0,6464	0,5 - 0,2
Sofia x Zdar	F ₂	1	91	24	-	115	3 : 1	1,0462	0,5 - 0,2
	F ₂	58	110	6	-	116	15 : 1	0,3196	0,8 - 0,5
	F ₂	112	87	-	-	87	-	-	-
Sparta x Regina	F ₂	35	90	20	-	110	13 : 3	0,232	0,99 - 0,95
	F ₂	1	75	27	-	102	3 : 1	0,117	0,8 - 0,5
	F ₃	1	5*	9*	10*	24*	1 : 1 : 2	1,750	0,5 - 0,2
Sparta x Vala	F ₂	1	65	22	-	87	3 : 1	0,0625	0,99 - 0,95
	F ₃	1	5*	10*	11*	26*	1 : 1 : 2	2,537	0,5 - 0,2
	F ₂	8	94	10	-	104	15 : 1	2,009	0,20 - 0,05
	F ₃	34	11*	2*	13*	26*	7 : 1 : 8	0,0984	0,99
Zdar x Wh 378	F ₁	102	7	-	-	7	-		
	F ₂	102	103	-	-	103	-		
Zdar x Regina	F ₂	112	132	32	-	164	3 : 1	2,633	0,20 - 0,05
Ilona x Zdar	F ₂	18	81	31	-	112	3 : 1	0,428	0,8 - 0,5

¹cross; ²generation; ³isolate; ⁴number of plants / lines; ⁵expected segregation ratio

ke genu *Pm4b* a virulentní ke genům *Pm2*, *Pm6*, *Pm8*, potvrdilo štěpný poměr 3R : 1S, a tudíž přítomnost dominantního genu odolnosti *Pm4b* v odrůdě Branka.

F₂ generace křížení Branka x Regina jsme testovali izoláty 8 a 32, avirulentními ke genům *Pm4b* a *Pm8* a získané štěpné poměry opět potvrdily účinek dvou genů odolnosti, z nichž jeden má dominantní a druhý recesivní účinek. Byl opět pozorován větší počet náchylných rostlin. Recesivním genem v odrůdě Branka je zřejmě gen *Pm8*, druhý gen v této odrůdě je gen *Pm4b*, což odpovídá výsledkům získaným v našich aproximativních testech i v testech, které prováděli L u t z et al. (1992). Přítomnost žitného segmentu dokazuje též odolnost k rasám rzi travní a rzi pšeničné, avirulentním ke genu *Sr31* a *Lr26* (B a r t o š et al., 1990; S t u c h l í k o v á et al., 1989). Recesivita genu *Pm8* v odrůdě Branka může být podmíněna genetickým pozadím. Na změnu dominance v recesivitu může mít také vliv v pokusu použitý izolát a vnější podmínky, zejména teplota (B a r t o š, 1991).

Odrůda **Sabina** je křížencem linie WSt. 378 s translokací 1B/1R a odrůdy Caribo bez genu rezistence. Reakce k souboru izolátů ukázaly pravděpodobnou přítomnost genu *Pm4b*. Analýzou potomstev křížení odrůd Sabina x Selekt a Maris Huntsman x Sabina jsme dospěli k následujícím výsledkům.

Z náchylné reakce odrůdy Sabina a rostlin v F₁ generaci křížení Sabina x Selekt a ze štěpení 1R : 3S v F₂ generaci po inokulaci třemi různými izoláty patogena, avirulentními ke genu *Pm8* a virulentními ke genu *Pm4b*, lze usuzovat na jeden recesivní gen rezistence, a to gen *Pm8* v odrůdě Selekt. Je však možná i jiná interpretace výsledků, a to přítomnost dominantního genu *Pm8* v odrůdách Selekt a Sabina a dominantního inhibitoru genu *Pm8* v odrůdě Sabina. Očekávaný teoretický štěpný poměr je také 1R : 3S. Po inokulaci křížení odrůd Sabina x Selekt izolátem 102 avirulentním ke genu *Pm4b* a virulentním ke genu *Pm8* byly všechny rostliny F₂ generace odolné. Svědčí to o tom, že obě rodičovské odrůdy mají alespoň jeden shodný gen (předpokládaný gen *Pm4b*).

V křížení odrůd Maris Huntsman x Sabina nasvědčuje štěpení v poměru 3R : 1S v F₂ generaci po inokulaci izolátem 112 avirulentním ke genu *Pm4b* a virulentním ke genům *Pm2*, *Pm6*, *Pm8* v přítomnosti dominantního genu *Pm4b* v odrůdě Sabina. Dvojnásobným způsobem můžeme vysvětlit štěpení 106R : 33S po inokulaci izolátem 47 avirulentním ke genům *Pm4b* a *Pm8* a virulentním ke genům *Pm2* a *Pm6*: buď jako účinek dominantního genu *Pm4b* v odrůdě Sabina (3R : 1S), nebo jako kombinaci genů *Pm4b*, *Pm8* a inhibitoru v odrůdě Sabina (51R : 13S). Poněvadž byly u odrůdy Sabina prokázány geny odolnosti ke rzím *Sr31* a *Lr26* (B a r t o š et al., 1990; S t u c h l í k o v á et al., 1989), s nimiž se ve vazbě na krátkém rameni chromozómu 1R ze žita předpokládá i gen *Pm8*, je i přítomnost genu *Pm8* pravděpodobná.

Odrůda **Sabina** pochází z téže rodičovské kombinace jako německá odrůda Kronjuwel, která má geny *Pm4b* a *Pm8*. Je pravděpodobné, že tyto geny byly z linie WSt. 378 přeneseny také do odrůdy Sabina (H e u n, F i s c h b e c k, 1987).

Odrůda Selekt pochází z křížení odrůd WSt. 378 x Slavia. Její odolnost je podle aproximativních analýz podmíněna geny *Pm4b* a *Pm8*. Hybridologickou analýzou

jsme potvrdili přítomnost genů *Pm8* a *Pm4b* v odrůdě Selekt, a to v testech potomstev křížení odrůd Selekt x Zdar, Agra x Selekt a Sabina x Selekt.

V F_2 generaci křížení odrůd Selekt x Zdar bylo po inokulaci izolátem 112 avirulentním ke genu *Pm4b* všech 135 rostlin odolných, což nasvědčuje identitě genu *Pm4b* v odrůdách Selekt a Zdar. Po inokulaci izolátem 58 virulentním ke genu *Pm4b* a avirulentním ke genu *Pm8* odpovídalo štěpení v F_2 generaci téhož křížení v poměru 3R : 1S přítomnosti dominantního genu *Pm8* v odrůdě Selekt.

Dvojím způsobem můžeme vysvětlit rezistentní reakce rostlin v F_1 generaci a štěpení v poměru 108 rezistentních ku 20 náchylným rostlinám v F_2 generaci křížení odrůd Agra x Selekt:

- a) štěpný poměr odpovídá přítomnosti genů *Pm8* a *Pm4b* v odrůdě Selekt, jednoho s dominantním a jednoho s recesivním účinkem;
- b) štěpný poměr ukazuje na dominantní gen *Pm8* a dominantní inhibitor tohoto genu v odrůdě Agra a dva dominantní geny (*Pm8* a *Pm4b*) v odrůdě Selekt.

Vzhledem k důkazu přítomnosti genu *Pm8* v odrůdě Agra v křížení odrůd Agra x Vala je u obou křížení pravděpodobnější druhá možnost.

Výsledky analýzy křížení odrůd Sabina x Selekt jsme popsali u odrůdy Sabina.

Geny rezistence *Pm4b* a *Pm8* zjištěné v odrůdě Selekt mohou pocházet z linie WSt. 378 (L u t z et al., 1992). Druhý rodič odrůdy Selekt - odrůda Slavia - nemá žádný gen odolnosti k padlí.

Senta je odrůda, která vznikla křížením (Benno x Sava) x (Mironovská 808 x Artois Desprez) a předpokládá se u ní gen *Pm8* přenesený z odrůdy Benno spolu s geny odolnosti *Sr31* ke rzi travní a *Lr26* ke rzi pšeničné.

V F_2 generaci křížení odrůd Senta x Zdar po inokulaci izolátem 58 avirulentním ke genu *Pm8* bylo zjištěno štěpení odpovídající poměru 3R : 1S s pravděpodobností $P = 0,2 - 0,5$. Výsledek nasvědčuje přítomnosti genu *Pm8* v odrůdě Senta, přičteme-li vyšší podíl náchylných rostlin nepravidelnému přenosu genetické informace, častému u kříženců s translokací 1B/1R. V F_2 generaci křížení odrůd Senta x Sparta po inokulaci izolátem 202 avirulentním ke genu *Pm8* nevyštěpila žádná náchylná rostlina, což ukazuje na přítomnost genu *Pm8* v obou rodičovských odrůdách.

Odrůda **Simona** vznikla křížením (WSt. 378 x Maris Huntsman) x Zdar. Zjistili jsme u ní pravděpodobnou přítomnost genů *Pm2* a *Pm4b*. Reakce v F_1 generaci a štěpné poměry v F_2 generaci křížení odrůd Simona x Regina po inokulaci izolátem avirulentním ke genu *Pm4b* nasvědčují přítomnosti genu *Pm4b* v odrůdě Simona. Také štěpení v F_2 generaci kříženců odrůd Simona x Zdar po inokulaci izolátem 202 avirulentním ke genu *Pm2* odpovídá štěpnému poměru pro jeden dominantní gen *Pm2*.

Odrůda **Sofia** má stejný původ jako dříve povolená odrůda Sparta - (Mironovská 808 x Artois Desprez) x (Maris Huntsman x WSt. 378). Aproximativně u ní byla zjištěna rezistence k padlí řízená geny *Pm2*, *Pm4b* a *Pm8*.

Štěpné poměry v F₂ generaci křížení odrůd Sofia x Zdar po inokulaci izoláty 1 (avirulentní ke genu *Pm2* a virulentní ke genu *Pm4b* a *Pm8*), 58 (avirulentní k *Pm2*, *Pm8* a virulentní k *Pm4b*) a 112 (avirulentní k *Pm4b* a virulentní k *Pm2* a *Pm8*) potvrdily přítomnost genů *Pm2*, *Pm4b* a *Pm8* v odrůdě Sofia. Gen *Pm2* pochází pravděpodobně z odrůdy Maris Huntsman a geny *Pm4b* a *Pm8* z německé linie WSt. 378.

Sparta je odrůda, která byla vyšlechtěna z křížení (Mironovská 808 x Artois Desprez) x (Maris Huntsman x WSt. 378) a její reakce k souboru izolátů padlí svědčí o přítomnosti genů *Pm2*, *Pm4b* a *Pm8*.

F₂ generaci křížení odrůd Sparta x Regina jsme testovali izolátem 35, avirulentním ke genům *Pm4b* a *Pm8*. Štěpení 90R : 20S odpovídalo teoretickému štěpnému poměru 13R : 3S pro jeden dominantní a jeden recesivní gen a potvrdilo přítomnost genů *Pm4b* a *Pm8* v odrůdě Sparta. Štěpení v F₂ a F₃ generaci téhož křížení po inokulaci izolátem 1 (avirulentní ke genu *Pm2* a virulentní ke genům *Pm4b* a *Pm8*) potvrdilo přítomnost genu *Pm2* v odrůdě Sparta. Z 24 linií F₃ generace bylo pět odolných, devět náchylných a deset štěpilo, což odpovídá štěpnému poměru 1R : 1S : 2 seg. pro jeden dominantní gen.

V F₂ generaci křížení odrůd Sparta x Vala byl po inokulaci izolátem 1 zjištěn štěpný poměr 3R : 1S, který ukazuje na jeden dominantní gen v odrůdě Sparta, tj. *Pm2*. Z 26 linií F₃ generace téhož křížení po inokulaci izolátem 1 bylo pět linií rezistentních, deset náchylných a jedenáct linií štěpilo. Tento poměr odpovídá teoretickému štěpnému poměru 1R : 1S : 2 seg., $P = 0,5 - 0,2$ pro jeden dominantní gen - *Pm2*.

V F₂ generaci stejného křížení po inokulaci izolátem 8 avirulentním ke genům *Pm4b* a *Pm8* a virulentním k *Pm2* odpovídá získané štěpení teoretickému štěpnému poměru pro dva dominantní geny a potvrzuje tak přítomnost genů *Pm4b* a *Pm8* v odrůdě Sparta.

F₃ generaci odrůd Sparta x Vala jsme testovali izolátem 34, avirulentním ke genům *Pm4b* a *Pm8* a virulentním ke genu *Pm2*. 26 linií štěpilo v poměru 11R : 2S : 13 seg., což odpovídá očekávanému štěpnému poměru 7R : 1S : 8 seg. pro dva dominantní geny - *Pm4b* a *Pm8* - s pravděpodobností $P > 0,99$.

Původ genů rezistence v odrůdě Sparta se odvozuje od rodičovských odrůd Maris Huntsman - *Pm2* a W St. 378 - *Pm4b* a *Pm8* (L u t z et al., 1992).

Odrůda Zdar je křížencem odrůd Caribo a Fakir. Předpokládali jsme u ní dva geny rezistence - *Pm4b* a *Pm5* (L u t z et al., 1992). Přítomnost genu *Pm5* jsme nemohli hybridologickou analýzou potvrdit, protože jsme neměli k dispozici izolát s avirulencí ke genu *Pm5*.

Přítomnost genu *Pm4b* v odrůdě Zdar dokazují výsledky získané z křížení odrůd Zdar x WSt. 378, Selekt x Zdar, Sofia x Zdar, u nichž v F₂ generaci po inokulaci izolátem avirulentním ke genu *Pm4b* nevyštěpila žádná náchylná rostlina.

V F₂ generaci křížení s náchylnou odrůdou Zdar x Regina a Ilona x Zdar po inokulaci izoláty 112 a 18, avirulentními ke genu *Pm4b*, odpovídalo štěpení

předpokládanému štěpnému poměru 3R : 1S pro jeden dominantní gen, a to *Pm4b* v odrůdě Zdar.

Z výsledků aproximativních a hybridologických analýz vyplývá poměrně úzké spektrum genů rezistence, použitých v českém šlechtění. Zastoupeny jsou geny *Pm2*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm6* a *Pm8*, a to jednotlivě nebo častěji v různých kombinacích, přičemž geny *Pm5* a *Pm8* jsou již překonané virulentními rasami patogena. Poměrně dobrou specifickou odolnost podmiňuje u nás dvojice genů *Pm2* + *Pm6*, obsažená pravděpodobně v nšl. ST 258, UH 139, ST 265, HE 3575. Z odrůd s genem *Pm4b* jsou částečně odolné jen odrůdy Branka a Zdar; jiné odrůdy s tímto genem jsou náchylné. Tyto rozdíly je možné vysvětlit různým projevem genu *Pm4b* v různém genetickém pozadí, ale také jen vlivem různého genetického pozadí při neúčinnosti genu *Pm4b*. Dobrá polní odolnost nšl. BR 2069 a UH 540 může být podmíněna geny pro odolnost v dospělosti, jejichž přítomnost nemohly skleníkové testy ve fázi jednoho až dvou listů prokázat.

Je zřejmé, že nepřilíš široké spektrum genů rezistence k padlí v našich odrůdách a schopnost patogena rychle překonávat účinnost genů hostitele, nezajišťuje geneticky podmíněnou odolnost stávající odrůdové skladby pšenice ozimé proti padlí travnímu. Řešení se naskytá především v rozšíření škály genů použitelných ve šlechtění vyhledáváním nových zdrojů rezistence. Na genetické různorodosti odrůd pak závisí možnost používání odrůdových směsí, jako jeden ze způsobů, jak čelit rychlé adaptaci patogena na nové podmínky v populaci hostitele. Jinou cestou k dosažení trvanlivější rezistence řízené major geny je spojení kvalitativní a kvantitativní rezistence v jednom genotypu, při níž účinek genů pro kvantitativní rezistenci omezuje tvorbu a šíření spor, a tím se zároveň snižuje možnost selekce a nárůstu virulence vůči genům pro kvalitativní rezistenci.

Literatura

- BARTOŠ, P. - BAREŠ, I.: Leaf and stem rust resistance of hexaploid wheat cultivars Salzmünder Bartweizen and Weique. *Euphytica*, 20, 1971 : 435-440.
- BARTOŠ, P. - STUHLÍKOVÁ, E. - NEUHÄUSLOVÁ, Z.: Genetika rezistence československých odrůd pšenice s translokací 1B/1R ke rzi travní (*Puccinia graminis* Pers. ssp. *graminis*). *Genet. a Šlecht.*, 26, 1990 : 23-30.
- HEUN, M. - FISCHBECK, G.: Identification of wheat powdery mildew resistance genes by analysing host-pathogen interactions. *Pl. Breed.*, 98, 1987 : 124-129.
- LUTZ, J. - LIMPET, E. - BARTOŠ, P. - ZELLER, F. J.: Identification of powdery mildew resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum* L.). 1. Czechoslovakian cultivars. *Pl. Breed.*, 108, 1992 : 33-39.
- MAINS, E. B. - DIETZ, S. M.: Physiologic forms of barley mildew *Erysiphe graminis hordei* Marchal. *Phytopathology*, 20, 1930 : 229-239.
- STUHLÍKOVÁ, E. - BARTOŠ, P. - NEUHÄUSLOVÁ, Z.: Genetika rezistence ke rzi pšeničné [*Puccinia persistens* Plow. var. *triticea* (Eriks.) Urban et Marková] československých odrůd pšenice s translokací 1B/1R. *Genet. a Šlecht.*, 25, 1989 : 309-315.

Došlo dne 20. 5. 1993

R. Hanušová, P. Bartoš (Research Institute for Crop Production, Praha-Ruzyně,
Czech Republic)

Powdery mildew resistance of Czech winter wheat cultivars and advanced lines

In 1989 - 1992 the specific powdery mildew resistance of Czech winter wheat cultivars and advanced lines was studied. Tests at the seedling stage were carried out in a greenhouse and in a growth chamber. Wheat seedlings at the first leaf stage were inoculated by dusting the plants with spores in glass cylinders and then they were kept in a growth chamber at 15 - 18 °C. Reactions were evaluated after 10 - 14 days using the scale 0 - 4. Known genes for powdery mildew resistance have been estimated according to the reactions to a set of isolates and in many cases results have been confirmed by analyses of F₁, F₂ and F₃. During 1989 - 1992 field resistance of all cultivars and lines was studied. Results obtained are listed in Tables I - IV.

The following cultivars are suggested to possess known powdery mildew resistance genes: Branka - *Pm4b*, *Pm8*, Regina - *Pm5*, Sabina - *Pm4b*, (*Pm8*, Inh.), Selektá - *Pm4b*, *Pm8*, Senta - *Pm8*, Sida - *Pm4b*, *Pm8*, Simona - *Pm2*, *Pm4b*, Sofia - *Pm2*, *Pm4b*, *Pm8*, Sparta - *Pm2*, *Pm4b*, *Pm8*, Zdar - *Pm4b*, *Pm5*. The gene *Pm8* (translocation 1BL/1RS) in cultivar Sabina is probably suppressed by another dominant gene-inhibitor.

In some of the tested advanced lines specific resistance has been determined, whereas two lines possess only adult plant resistance.

Powdery mildew resistance in Czech wheat cultivars and advanced lines is based on the resistance genes *Pm2*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm6*, *Pm8*, single or mostly in various combinations, which enable the genetic control of powdery mildew only partially. Among the cultivars and lines with specific powdery mildew resistance gene(s), only cultivars Branka and Zdar with the gene *Pm4b* and advanced lines HE 3575, ST 258, ST 265, UH 139 with the combination *Pm2+6* were resistant under the field conditions. The genes *Pm5* and *Pm8* are ineffective.

Erysiphe graminis f. sp. *tritici*; winter wheat; specific resistance; major genes

SELEKCE CHEMOMUTANTŮ JEČMENE JARNÍHO POMOCÍ AKTIVITY NITRÁTREDUKTÁZY

Hynek KLUSÁK

Výzkumný ústav obilnářský, 767 41 Kroměříž

Působením azidu sodného (10^{-3} M a $2 \cdot 10^{-3}$ M) na zrno jednoliniových odrůd Bonus a Rubín Mla₁ bylo získáno 440 a 158 mutantních rostlin generace M₁. Z každé rostliny bylo vyseto osm zrn a tři průměrné klíčící rostlinky ve stadiu jednoho plně vyvinutého listu byly v klimatizovaných podmínkách testovány na aktivitu nitrátreduktázy (NR) metodou *in vivo*. Zbýlá část zrn vybraných rostlin sloužila k získání generace M₂. Účinek mutagenů se v generaci M₂ projevil tvorbou chlorofylových mutací zejména typu albina a lutescens a významnými změnami v aktivitě NR. Podle prvního testu NR bylo u odrůdy Bonus vybráno sedm rostlin se zvýšenou a 17 se sníženou aktivitou NR a u odrůdy Rubín Mla₁ dvě rostliny se zvýšenou a pět se sníženou aktivitou NR. Pomocí těchto výběrů byly v roce 1991 získány linie generace M₃ s následující variabilitou parametrů (v závorce hodnoty původních odrůd): produktivita zrna 4,4 až 11,0 t/ha (6,2; 6,1), hmotnost 1000 zrn 47,7 až 50,2 g (47,6; 48,3), obsah hrubých bílkovin v zrně 12,1 až 14,5 % (12,1; 11,9), ve slámě 2,06 až 3,81 % (3,81; 3,50), extrakt sladu 78,2 až 82,6 % (81,0; 83,0) a podíl obsahu dusíku zrna a slámy 2,73 až 5,31 (2,67; 3,49). Zvýšená aktivita NR ve srovnání se sníženou nepodmiňovala vyšší výnos zrna. Některé z těchto linií převyšovaly původní odrůdy výnosem zrna a účinností dusíku. Mohou být využity jako genetické zdroje krmného i sladovnického ječmene.

ječmen jarní; azid sodný; chemomutagenéze; aktivita nitrátreduktázy; selekce; výnos zrna; obsah bílkovin; redistribuce dusíku

Významnými parametry ve využívání dusíku a fosforu na tvorbu výnosu zrna i jeho kvalitu jsou aktivita nitrátreduktázy a fosfatázy (S a r i č, 1987), přičemž oba enzymy jsou geneticky kontrolovány (S o g a a r d, W e t t s t e i n — K n o w l e s, 1987). Jednou z možností, jak změnit geneticky fixovanou aktivitu enzymů v rostlinách, je aplikace chemických mutagenů, zejména azidu sodného (N i l a n et al., 1976, K l e i n h o f s et al., 1983; W r a y, 1986; M a r š á l e k, 1988). Pomocí mutagenů byly získány například linie ječmene s výrazně sníženou nebo dokonce deficitní aktivitou nitrátreduktázy (T o k a r e v, Š u m n y j, 1977; W a r n e r et al., 1977). Posloužily zejména jako objekt výzkumu biochemické genetiky. Naše výsledky (K l u s á k, 1988) prokázaly, že ve stresových podmínkách dusíkaté výživy existují významné rozdíly v aktivitě

nitrátreduktázy mezi produktivním - sladovnickým a méně produktivním - krmným typem ječmene jarního již v počáteční fázi růstu. Potom by se změny v aktivitě enzymu vyvolané mutací mohly stát základem tvorby nových genetických zdrojů s účinnějším metabolismem dusíku i vysokou produktivitou. K získání odlišných hospodářských znaků použila řada autorů pouze chlorofylové mutace (J e n e d e - S t r i d, 1978; H a s e g a w a, I n o u e 1980; G u s t a f s s o n, 1986; B a b a j a n et al., 1988), bez cíleného využití enzymů jako biochemických markerů. Ve snaze vytvořit produktivní linie ječmene jarního s odpovídající kvalitou zrna a účinnějším metabolismem dusíku jsme využili našich poznatků o aktivitě nitrátreduktázy (K l u s á k, 1992) k výběru mutantních rostlin generace M_2 . V této práci jsou analyzovány průměrné výnosové a jakostní charakteristiky souboru vybraných linií generací M_3 a jejich variabilita.

MATERIÁL a METODY

K přípravě chemomutantů bylo na základě elektroforetického spektra hordeinů (Š a š e k, Č e r n ý, 1990) vybráno zrno jednoliniových odrůd Bonus a Rubín Mla₁. Obě odrůdy jsou středně dlouhé, diamantového typu, produktivní, sladovnické, přičemž odrůda Rubín vyniká vysokou sladovnickou jakostí zrna. Vytríděná zrna obou odrůd byla po 15 hodinách bobtnání v destilované vodě při teplotě 2 - 4 °C nakličována čtyři hodiny ve vodě probublávané vzduchem při teplotě 22 - 23 °C. Potom byla naklíčená zrna přenesena na dvě hodiny do 10^{-3} M roztoku azidu sodného ve fosfátovém pufru pH = 3 (0,2% NaH₂PO₄ upravený kyselinou fosforečnou na uvedené pH) probublávaného vzduchem. Po této době byla zrna šestkrát promyta destilovanou vodou, osušena na filtračním papíře a ještě téhož dne (21. 3. 1989) vyseta do půdy ve sponu 12,5 x 3,5 cm na parcele 100 x 150 cm. V druhé sérii pokusů bylo použito azidu sodného v koncentraci $2 \cdot 10^{-3}$ M a naklíčená semena byla vyseta do nádob obsahujících 5,5 kg zeminy s pískem v poměru 2 : 1. V nádobě bylo vždy 10 rostlin. Současně byla vyseta i kontrolní neošetřená semena. V generaci M_1 bylo v plné zralosti sklizeno celkem 440 rostlin odrůdy Bonus a 158 rostlin odrůdy Rubín. Z každé rostliny bylo osm náhodně vybraných zrn nabobtnáno ve vodě a potom přeneseno na klíčidlo. Klíčení probíhalo v termostatu při 24 °C ve tmě 72 hodin. Potom byli klíčenci včetně kontrol umístěni kořinky do otvorů nádob obsahujících poloviční Richteřův živný roztok. Rostliny byly pěstovány v klimatizovaném boxu při fotoperiodě 14 hodin, intenzitě světla 20 000 lx, teplotě 21 °C při světle a 12 °C ve tmě. Ve fázi plně vyvinutého listu (sedm dní po vyklíčení) byl vždy vzorek listů tří průměrných rostlin individuálně testován na aktivitu nitrátreduktázy metodou *in vivo* (K l u s á k, 1979). Listy byly rozřezány na segmenty dlouhé 1 cm, podrobeny vakuové infiltraci v inkubačním roztoku obsahujícím 0,05 M KNO₃ v 0,1M fosfátovém pufru (pH = 7,5) a 0,01% Tritonu X-100. Po inkubaci segmentů (1 hodinu ve tmě při 25 °C) bylo množství dusitanů difundujících do inkubačního roztoku

I. Vliv azidu sodného na výskyt chlorofylových mutací a na aktivitu nitrátreduktázy (ANR) prvního listu rostlin generace M₂ ječmene jarního odrůd Bonus a Rubín Mla₁ ve fázi druhého listu. Rostliny byly pěstovány v Richterově živném roztoku v klimatizovaném boxu – Natrium azide effect on the occurrence of chlorophyll mutations and on nitrate reductase activity (ANR) in the first leaf of M₂ plants at the stage of second leaf of spring barley cv. Bonus and Rubín Mla₁. Plants were grown in Richters nutrient solution under controlled conditions

Odrůda ¹	Mutagen azid sodný ² (M)	Počet sklizených rostlin generace M ₁ ³	Počet a typ chlorofylových mutací ⁴	Generace M ₂ ⁵					
				Počet rostlin se zvýšenou (+) a sníženou (-) ANR ⁶		Statistické hodnoty ⁷	Aktivita NR prvního listu ⁸		
				+	-		kontrola ⁹	+	-
Bonus	10 ⁻³	348	12 albina 10 lutescens 1 chlorina 1 xantha 1 tigrina 2 morfo	5	12	R x s t	- 49,3 9,1 -	70 - 103 80,7 12,9 5,08 ⁺⁺	10 - 39 25,0 9,1 7,08 ⁺⁺
	2.10 ⁻³	92	3 albina 5 lutescens 4 virescens	2	5	R x s t	- 47,8 3,7 -	60 - 77 68,8 - -	0 - 31 15,4 12,2 5,83 ⁺⁺
Rubín	10 ⁻³	158	7 albina 2 lutescens 1 xantha 1 morfo	2	5	R x s t	- 77,7 11,5 -	116 - 122 118,9 - -	37 - 64 53,3 10,8 3,75 ⁺

⁺průkazné při (significant at) $P = 0,05$; ⁺⁺průkazné při (significant at) $P = 0,01$; R - rozpětí hodnot – range of values; x - aritmetický průměr – arithmetic mean; s - standardní odchylka – standard deviation; t - t-test

¹cultivar; ²concentration of sodium azide; ³number of harvested plants in M₁ generation; ⁴number and type of chlorophyll mutations; ⁵M₂ - generation; ⁶number of plants with increased (+) and decreased (-) activity of nitrate reductase; ⁷statistical values; ⁸nitrate reductase activity of the first leaf; ⁹control

II. Variační rozpětí výnosových a jakostních ukazatelů souboru linií chemomutantů ječmene jarního Bonus a Rubín M1a1 v generaci M3 (polní pokusy 1991, předplodina cukrovka, lokalita Kroměříž) – Yield and qualitative parameter variability in the set of spring barley Bonus and Rubín M1a1 chemomutant lines in the M3-generation (field trials 1991, sugar beet as a forecrop, Kroměříž location.)

Ukazatel ¹	Statistická veličina ⁸	Počet a typ linií odrůdy ⁹					
		Bonus			Rubín M1a1		
		K	7(+)	12(-)	K	2(+)	5(-)
Výnos zrna ² (g . m ⁻²)	R	592 - 648	719 - 1,097	440 - 1,074	577 - 650	604 - 786	740 - 983
	x	618	814	774	612	695	839
	v	4,5	16,2	28,3	6,0	-	14,5
	F	-	13,0 ⁺⁺	40,0 ⁺⁺	-	-	5,8 ⁺⁺
Hmotnost 1000 zrn ³ (g)	R	47,1 - 48,4	49,3 - 52,0	45,4 - 52,4	47,2 - 49,7	47,7 - 49,5	47,7 - 50,2
	x	47,6	50,5	48,7	48,3	48,6	48,8
	v	1,7	2,1	4,7	2,1	-	2,2
	F	-	1,5	7,6 ⁺⁺	-	-	1,1
Obsah HB ve slámě ⁴ (%)	R	3,63 - 3,97	2,06 - 3,69	2,19 - 3,56	3,48 - 3,63	3,00 - 3,44	3,19 - 3,81
	x	3,81	2,64	2,93	3,50	3,22	3,35
	v	4,2	20,1	16,7	3,1	-	7,8
	F	-	22,9 ⁺⁺	15,8 ⁺⁺	-	-	6,1

Obsah HB v zrně ⁵ (%)	<i>R</i>	11,9 - 12,2	12,2 - 13,9	12,1 - 14,5	11,7 - 12,0	12,1 - 12,3	12,1 - 12,7
	<i>x</i>	12,1	12,7	12,8	11,9	12,2	12,4
	<i>v</i>	1,4	5,0	7,3	1,2	-	1,8
	<i>F</i>	-	12,6 ⁺⁺	275 ⁺⁺	-	-	2,3
Extrakt sladu ⁶ (%)	<i>R</i>	79,8 - 81,4	78,2 - 81,9	79,6 - 80,4	82,8 - 83,3	81,2 - 82,0	81,5 - 82,6
	<i>x</i>	81,0	80,4	79,8	83,1	81,6	82,2
	<i>v</i>	0,4	1,67	0,6	0,3	-	0,4
	<i>F</i>	-	19,0 ⁺⁺	2,5	-	-	1,5
Redistribuce dusíku (podíl) ⁷	<i>R</i>	2,48 - 2,85	2,88 - 5,44	2,73 - 5,31	3,32 - 3,66	3,70 - 4,43	3,57 - 4,14
	<i>x</i>	2,67	4,35	4,06	3,49	4,07	3,91
	<i>v</i>	7,1	18,2	23,2	4,9	-	6,4
	<i>F</i>	-	6,5 ⁺⁺	10,6 ⁺⁺	-	-	1,7

K = kontrola (4 opakování) – control (4 replications)

(+) zvýšená a (-) snížená aktivita NR v generaci M₂ – increased and decreased NR activity in M₂ - generation

R = rozpětí hodnot – range of values

x = aritmetický průměr – arithmetic mean;

v = standardní odchylka – standard deviation in %

F = hodnoty *v* – values of *v*

¹parameter; ²grain yield; ³1,000 grain; ⁴HB content in straw; ⁵content in grain; ⁶malt extract; ⁷N-redistribution; ⁸statistical values; ⁹number and type cultivar

stanoveno kolorimetrickou reakcí s N-(1-naftylethylendiaminem).2 HCl a sulfanilamidem. Zbylá zrna rostlin generace M_1 vybraných podle tohoto testu aktivity NR byla vyseta na poli ve sponu 12,5 x 3,5 cm (dva až tři řádky šířky 150 cm). V generaci M_2 byla analyzována sláma na obsah celkového dusíku Kjedahovou metodou a zrno bylo použito k získání generace M_3 pomocí individuálních výsevů na parcelkách 150 x 50 cm ve sponu 12,5 x 3,5 cm. Po sklizni byly stanoveny výnosové charakteristiky, obsah dusíku v zrně a ve slámě klasickou metodou podle Kjedahla, obsah extraktu v sušině sladu mikroskladovacími zkouškami a redistribuce dusíku (výnos dusíku zrna/výnos dusíku slámy). Zpracování výsledků bylo provedeno běžnými statistickými metodami.

VÝSLEDKY

Účinek $10^{-3}M$ azidu sodného na tvorbu a typ chlorofylových mutací a na aktivitu NR rostlin ječmene jarního odrůd Bonus a Rubín M_{1a1} v generaci M_2 je uveden v tab. I. Objevily se zejména mutace typu albina a lutescens a významné změny v aktivitě NR. Vyšší koncentrace azidu sodného ($2 \cdot 10^{-3}M$) použitá u odrůdy Bonus zvyšovala počet chlorofylových mutací a prohlubovala účinek na aktivitu NR v negativním směru. Pomocí testů rostlin M_2 generace v klimatizovaném boxu bylo z uvedeného počtu v generaci M_1 vybráno u odrůdy Bonus sedm rostlin se zvýšenou a 17 rostlin se sníženou aktivitou NR a u odrůdy Rubín M_{1a1} dvě rostliny se zvýšenou a pět se sníženou aktivitou NR. Odrůda Rubín M_{1a1} však reagovala ve srovnání s odrůdou Bonus relativně menšími změnami. Po vysetí v polních podmínkách bylo z uvedeného počtu rostlin získáno 19 linií odrůdy Bonus a sedm linií odrůdy Rubín M_{1a1} . Průměrné výnosové a kvalitativní ukazatele souboru těchto linií v generaci M_3 a jejich variační rozpětí jsou uvedeny v tab. II. Výnos zrna linií odrůdy Bonus se pohyboval od 4,4 do 11,0 t/ha, linií odrůdy Rubín M_{1a1} od 6,0 do 9,8 t/ha a u kontrol od 6,2 do 6,3 t/ha. U odrůdy Bonus byla zjištěna tendence k vyššímu výnosu u linií se zvýšenou aktivitou NR a u odrůdy Rubín naopak. Hmotnost 1000 zrn se na spodní hranici přibližovala hodnotám kontrol (48 g) a na horní hranici dosahovala až 52 g. Vlivem mutageneze průkazně poklesl obsah hrubých bílkovin (HB) ve slámě a zvýšil se obsah HB v zrně zejména u linií odrůdy Bonus. Pokles obsahu HB ve slámě byl výraznější a zvýšení obsahu HB v zrně méně podstatné pro linie se zvýšenou aktivitou NR. V souvislosti s tím se průkazně zvýšila translokace dusíku ze slámy do zrna ve prospěch výnosu, což ukazují hodnoty jeho redistribuce. Zvýšení bylo rovněž významnější u linií se zvýšenou aktivitou NR. Průkazněji se projevovaly linie odrůdy Bonus, protože u kontrolní odrůdy Rubín M_{1a1} byla ve srovnání s kontrolní odrůdou Bonus zjištěna vyšší redistribuce dusíku. Změny obsahu HB v zrně vyvolaly u některých linií také snížení obsahu extraktu ve sladu.

DISKUSE

Výsledky prokázaly, že vlivem mutagenních účinků azidu sodného dochází ke změnám v aktivitě nitrátoreduktázy rostlin generace M₂. Některými pracovníky byly již dříve získány dokonce rostliny deficitní na nitrátoreduktázu (W a r n e r et al., 1977; K l e i n h o f s et al., 1978) nebo se sníženou aktivitou NR (T o k a - r e v, Š u m n y j, 1977). V našich pokusech se v generaci M₂ objevila řada chlorofylových mutací, jejichž rozsah odpovídal publikovaným údajům (H a s e - g a w a, I n o u e, 1980). Změny v aktivitě NR však nebyly spojeny jen s těmito mutacemi, ale vyskytovaly se i u vizuálně nezměněných rostlin. Nalezli jsme rovněž rostlinu deficitní na NR, avšak orientačními výsledky nebyla v generaci M₃ tato deficiencie potvrzena. Produktivní genotypy ječmene jarního se v počáteční fázi růstu vyznačovaly zvýšenou i sníženou aktivitou NR, zejména ve stresových podmínkách dusíkaté výživy, která souvisela s kvalitou zrna i efektivností dusíku (K l u s á k, 1988, 1992). Z toho vyplynul i náš záměr využít selekce na aktivitu NR k tvorbě produktivních linií ječmene jarního s účinnějším využitím dusíku. Skutečné výsledky s liniemi generace M₃ prokázaly značnou proměnlivost ve výnosových a jakostních ukazatelích zrna i v translokaci dusíku. S ý k o r a (1988) zjistil, že pro mutanty ječmene jarního je vliv původního genotypu vysoký u extraktu sladu, výšky rostlin, výnosu zrna a obsahu bílkovin v zrně. Byly prokázány i změny v obsahu esenciálních aminokyselin (B e d n á ř, 1986; U h l í k, M a r e k, 1988). Rovněž u ječmene ozimého byla mutagenézí indukována značná proměnlivost v obsahu bílkovin i škrobu v zrně těchto linií, což dává možnost využít jich k tvorbě vysokobílkovinných krmných i sladovnických odrůd (B a b a j a n et al., 1988). Jak uvádí G u s t a f s s o n (1986), lze u ječmene vyvolat široké spektrum využitelných mutací se změněnými vlastnostmi morfolo- gickými, fyziologickými a biochemickými, k nimž mimo jiné patří odolnost k chorobám, výnos a hmotnost zrna, obsah bílkovin, lepší skladba aminokyselin a dobrá sladovnická jakost. V generaci M₃ jsme největší variabilitu zaznamenali v obsahu dusíku ve slámě a ve výnosu zrna a nejmenší v hmotnosti 1000 zrn a v extraktu sladu. Linie se zvýšenou aktivitou NR se mimo jiné vyznačovaly také nižší redistribucí dusíku. Následně se objevila v generaci M₄ (pokusy 1992) negativní tendence ($r = -0,482$) mezi typem linie podle aktivity NR rostlin M₂ generace a koncentrací nitrátů v pletivech na začátku sloupkování (objevení se prvního kolénka). Vyšší aktivita nitrátoreduktázy specificky nepodmiňovala výnos zrna, ale podporovala využití dusíku ve prospěch výnosu. Zřejmě je aktivita NR dostatečně vysoká pro zabezpečení požadovaného poolu nitrátů v metabolismu dusíku i u linií se sníženou NR, nebo se na redukci nitrátů může podílet i peroxidáza, jak uvádí D o d d e m a (cit. O n d ř e j, 1985), přičemž mohou být postiženy i strukturální geny. Například u linie s vysokou aktivitou NR v generaci M₂ a dvouřadým klasem jsme našli rostlinu s šestiřadým klasem, v jejíž potomstvu se objevila řada albinosních rostlin. Veškeré mutageny indukují současně s bodovými mutacemi také chromozomální aberace v různém poměru

(Gichner, Velemínský, 1979; Ondřej, 1985). Rozdílnost výnosových i jakostních ukazatelů v generaci M₃ u linií ječmene jarního vytvořených selekcí na aktivitu NR může být za předpokladu jejich zachování v generaci M₄ základem vhodných genetických zdrojů pro tvorbu sladovnických i krmných odrůd s účinnějším využitím dusíku.

Literatura

- BABAJAN, R. S. - GASPARJAN, A. M. - MKRTČJAN, A. T. - TERTERJAN, E. A. - ALDŽJAN, M. M.: O mutacionnoj izmenčivosti soděržanija belka i krachmala u jačmenja. Biol. Ž. Armenii, 41, 1988 : 910-914.
- BEDNÁŘ, J.: Vliv gama záření ⁶⁰Co na charakter vybraných znaků G₄ generace ječmene. In: Využití nukleárních metod a ionizačního záření v genetice, šlechtění a fyziologii rostlin. Brno 1986 : 32-36.
- GICHNER, T. - VELEMÍNSKÝ, J.: Molekulární mechanismy indukce chromozomálních aberací. Biol. Listy, 44, 1979 : 282-302.
- GUSTAFSSON, A.: Mutation and gene recombination - principal tools in plant breeding. In: OLSSON, G. (Ed.): Research and Results in Plant Breeding. Sweden, Svalöf, 1986 : 76-84.
- HASEGAWA, H. - INOUE, M.: Mutagenic effect of sodium azide in barley. Japan. J. Breed., 30, 1980 : 20-25.
- JENEDE-STRID, B.: Mutation frequencies after sodium azide treatment in different barley varieties. Barley Genet. Newsletter, 1978 : 55.
- KLEINHOF, A. - TAYLOR, J. - KUO, T. M. - SOMERS, D. A. - WARNER, R. L.: Nitrate reductase genes as selectable markers for plant cell transformation. In: LURQUIN, P. F. - KLEINHOF, A. (Eds.) : Genetic Engineering in Eukaryotes. N. Y., Plenum Press 1983 : 215-231.
- KLUSÁK, H.: Zhodnocení metody stanovení aktivity nitrátoreduktázy v částech rostlin ječmene. Agrochémia, 19, 1979 : 368-369.
- KLUSÁK, H.: Rozdíly v aktivitě nitrátoreduktázy mezi sladovnickým a krmným typem ječmene jarního v počáteční růstové fázi. Genet. a Šlecht., 24, 1988 : 173-179.
- KLUSÁK, H.: Tvorba genetických zdrojů jarního ječmene pomocí mutagenese a biochemických markerů. Informatika - databáze úkolu P 06 - 329 - 826 - 01.01, Kroměříž, VÚO 12. 8. 1992.
- MARŠÁLEK, L.: Antimutageny a mutagenese. Živa, 36, 1988 : 82-83.
- NILAN, R. A. - KLEINHOF, A. - SANDER, C.: Azide mutagenesis in barley. In: Third inter. barley Genet. Symp., Garching, 1975. Barley genetics, III, 1976 : 113-122.
- ONDŘEJ, M.: Cytogenetika a molekulární genetika rostlin. Praha, Academia 1985 : 166-186.
- SARIČ, M.: Progress since the first international symposium : Genetic aspects of plant mineral nutrition, Beograd, 1982, and perspectives of future research. Pl. Soil, 99, 1987 : 197-209.
- SOOGARD, P. - WETTSTEIN-KNOWLES, P. von: Barley: Genes and chromosomes. Carlsberg Res. Commun., 52, 1987 : 123-196.
- SÝKORA, M.: Vplyv genotypu, hustoty výsevu a rokov na variabilitu kvantitativních znaků mutantních linií jačmeňa jarního. Genet. a Šlecht., 24, 1988 : 121-124.
- ŠAŠEK, A. - ČERNÝ, J. - NECVETAJEV, V. P. - BRADOVÁ, J.: A catalogue of electroforetic hordein spectra of Czechoslovak certified spring barley varieties. Scientia Agric. bohemoslov., 22, 1990 : 1-10.
- TOKAREV, B. I. - ŠUMNYJ, V. K.: Vyjavlenie u jačmenja mutantov s ponižennoj nitratoreduktaznoj aktivnosťju posle obrabotki etilmetansulfonatom. Genetika, 13, 1977 : 2097-2103.

UHLÍK, J. - MAREK, V.: Obsah aminokyselin u kříženců vysocebílkovinných mutantů se sladovnickými ječmeny. Genet. a Šlecht., 24, 1988 : 145-150.

WARNER, R. L. - LIN, C. J. - KLEINHOF, A.: Nitrate reductase-deficient mutants in barley. Nature, 269, 1977 : 406-407.

WRAY, J. L.: The molecular genetics of higher plant nitrate assimilation. In: BLONSTEIN, A. D. - KING, P. J. (Eds.): A Genetic Approach to Plant Biochemistry. Wien - New York, Springer-Verlag 1986 : 101-157.

Došlo dne 29. 1. 1993

H. Klusák (Cereal Research Institute, Kroměříž, Czech Republic)

The selection of chemomutants of spring barley by nitrate reductase activity

By action of sodium azide (10^{-3} M and $2 \cdot 10^{-3}$ M) on the grain of single-line cvs. Bonus and Rubín Mla₁ 440 and 158 mutant plants of the generation M₁ were obtained. M₂ plants were cultured from eight grains of each plant in controlled conditions up to the stage of one fully developed leaf and they were tested for nitrate reductase by the *in vivo* method. The remaining part of M₂ grains of plants selected by these tests served for obtaining M₂ generation. The effect of mutagen on the creation and the type of chlorophyll mutations and on the NR activity is presented in Table I.

In particular the mutations of the type albino and lutescens and significantly positive and negative changes in the NR activity were recorded. The higher mutagen concentration ($2 \cdot 10^{-3}$ M), used in the cultivar Bonus, increased the number of chlorophyll mutations and deepened the effect on the NR activity in a negative way. Using the test of M₂ plants out of the above-mentioned number of the generation M₁ seven and two plants were chosen in the cultivars Bonus and Rubín Mla₁ with increased and 17 and 5 plants with lower NR activity. The Rubín M₁ cultivar responded by relatively lower changes. After sowing in the field those plants were chosen, out of which 19 lines of the cultivar Bonus (B) and seven lines of cv. Rubín Mla₁ (R) of the generation M₃ were obtained. Their yield, qualitative and statistical parameters are presented in Table II. The grain yield of the lines B was ranging from 4.4 to 11.0 t/ha in 1991, in the lines R this was from 6.0 to 9.8 t/ha and from 5.8 to 6.5 t/ha in control cultivars. In lines B with increased NR activity there was a tendency to higher grain yield, while in lines R this was lower. TKW (1000-kernel weight) on the lowest level was close to the control values (48 g) and at the upper level this was 52 g. Due to the changes in NR activity the content of crude protein (HB) in straw was reduced and HB content in grain increased particularly in lines B. Generally the fall in HB content in straw was more significant and increase in HB content in grain was less significant in lines with higher NR activity. In connection with the fact that nitrogen translocation from straw into grain increased significantly for the benefit of the yield, this verifies the N redistribution values. An increase was more marked in lines with higher NR activity. Lines B were manifested more significantly, as the cv. Rubín Mla₁ was marked by higher N redistribution compared with cv. Bonus. Changes in HB content in grain of some lines were accompanied by decreased extract content in malt. Within the created lines, the highest variability was that induced by mutagenesis recorded in nitrogen content in straw and in the grain yield and the lowest in 1000-kernel

weight and in the content of extract in malt. The difference of yield and quality parameters of these lines of the generation M₃ and their keeping in the generation M₄ may serve as a basis for suitable genetic sources for the creation of productive malting and breeding cultivars with more efficient use of nitrogen.

spring barley; sodium azide; chemomutagenesis; nitrate reductase activity; selection; grain yield; protein content; N redistribution

SPEKTRUM A FREKVENCIA GÉNOV VIRULENCIE MÚČNATKY TRÁVOVEJ (*ERYSIPHE GRAMINIS* F. SP. *HORDEI*) NA JAČMENI V NIEKTORÝCH OBLASTIACH SR A MR

Milan SÝKORA, Marta MIKLOVIČOVÁ

*Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina B-1,
842 15 Bratislava*

Zisťovali sme frekvenciu génov virulence múčnatky ječmeňa v niektorých oblastiach Slovenska a Maďarska. Pozorovali sme vysoké zastúpenie izolátov múčnatky prekonávajúcich gény rezistencie *Ml-a6*, *Ml-k*, *Ml-g*, ale aj *Ml-a7+?*, *Ml-a12*, *Ml-a9*, *Ml-La*. Na sledovanom území Slovenska sme zistili vysokú frekvenciu génov virulence voči génu *Ml-a13*. V oblasti Maďarska bola virulencia voči génu *Ml-a13* nižšia, ale výrazné zvýšenie virulence sme zistili voči génom rezistencie *Ml-a1* a *Ml-a3*. Proti napadnutiu múčnatkou trávovou je v súčasnosti najúčinnější kombinácia génov rezistencie *Ml-a7+Ab* a *Ml-(W)*. Na území Slovenska je nízka frekvencia virulence aj voči génu *Ml-a3*.

Hordeum vulgare L.; *Erysiphe graminis hordei*; analýza virulence

Pri chorobách hubového pôvodu, pri ktorých hlavným faktorom rozširovania inokula je vzdušná cesta, má pravidelné sledovanie frekvencie génov virulence v populácii patogéna na veľkom území svoje opodstatnenie. V posledných rokoch analýzy jednotlivých rás patogéna boli nahradené špecifickejšími virulencnými analýzami, pri ktorých sú pomocou testovacieho sortimentu zisťované konkrétne gény virulence v jednotlivých izolátoch patogéna. Pri múčnatke trávovej na jačmeni boli urobené rozsiahle monitorovania na území celej západnej Európy (L i m p e r t, 1985; L i m p e r t et al., 1991) a len v poslednom období sa tento výskum rozšíril do oblasti strednej Európy (S ý k o r a, Š v a n t n e r o v á, 1992; S ý k o r a et al., 1992). Informácie v tomto smere majú praktický význam pre pohotovú zmenu skladby pestovaných odrôd jačmeňa so špecifickými génmi rezistencie v závislosti od spektra a frekvencie génov virulence v populácii patogéna na konkrétnom území.

V tejto práci uvádzame výsledky frekvencie génov virulence v populácii múčnatky jačmeňa odchytenej z ovzdušia v rôznych oblastiach Slovenska a Maďarska v roku 1992.

MATERIÁL a METÓDY

Odchyt konídií múčnatky trávovej jačmeňa sme urobili špeciálnym zariadením na odchyt konídií patogéna z ovzdušia (S c h w a r z b a c h, 1979) v dňoch 27. až 29. mája 1992. Zariadenie bolo umiestnené na streche automobilu a počas jazdy sa do aparatury nasával vzduch, pričom konídie múčnatky sa zachytávali na listové segmenty náchylnej odrody jačmeňa Dvoran, uložené na agarovej pôde v Petriho miskách na dne aparatury. Petriho misky s listovými segmentami sme vymieňali po sto kilometroch jazdy. Odchyt konídií múčnatky sme urobili na trase Bratislava - Pápa - Székesfehérvár - Komárno - Levice - Kremnica - Nitra - Bratislava, a v okolí Košíc.

Po sedemdnovej kultivácii v klimatizátore sme jednotlivé vyrastené kolónie múčnatky preočkovali a premnožili opäť na listových segmentoch odrody Dvoran. Po získaní dostatočného množstva materiálu sme pomocou injekčnej striekačky a sklenenej trubičky inokulačnou vežou valcovitého tvaru a výške 30 cm rovnomerne infikovali testovací sortiment. Pre stanovenie génov virulencie v jednotlivých izolátoch múčnatky sme použili testovací sortiment z Dánska, pozostávajúci z izogénnych línií (K l o s t e r et al., 1986) a troch odrôd (P01, P02, P03, P04B, P08B, P10, P11, P16, P21, P23, Triumph, Ogra a Dvoran) s génmi rezistencie podľa poradia *Ml-a1*, *Ml-a3*, *Ml-a6*, *Ml-a7+?*, *Ml-a9*, *Ml-a12*, *Ml-a13*, *Ml-k*, *Ml-g*, *Ml-La*, *Ml-a7+Ab*, *Ml-(W)* a bez génu rezistencie. Rastliny testovacieho sortimentu sme pestovali v kvetináčoch zaizolovaných celofánovými sáčkami.

Inokuláciu spórami jednotlivých izolátov múčnatky sme urobili na listové segmenty rezané zo strednej časti primárneho listu dĺžky 1,5 cm v dvoch opakovaníach. Tieto boli uložené na benzimidazolovú agarovú pôdu (15 ppm) v Petriho miskách priemeru 80 mm. Rastlinný materiál sme po inokulácii inkubovali v klimatizátore pri teplote 18 ± 2 °C a trvalom osvetlení.

Po siedmich dňoch sme na základe napadnutia stanovili gény virulencie jednotlivých izolátov múčnatky, ktoré zodpovedajú konkrétnym génom rezistencie prítomným v testovacom sortimente, pričom sme určovali infekčný typ a počet kolónií. Použili sme päťstupňovú škálu hodnotenia:

- 0 - bez príznakov,
- I - tvorba nektróz bez sporulácie,
- II - tvorba nektróz s veľmi slabou sporuláciou,
- III - tvorba nektróz so silnou sporuláciou,
- IV - veľmi silná sporulácia bez tvorby nektróz.

Relatívnu hustotu tvorby kolónií sme stanovili percentuálne v porovnaní ku kontrolnej odrode Dvoran bez špecifických génov rezistencie hodnotami 01 - 1. Za hodnoverný dôkaz prítomnosti génu virulencie v izoláte múčnatky sme považovali ten, pri ktorom sme stanovili infekčný typ IV (silná sporulácia bez tvorby nektróz) s hustotou kolónií najmenej 50 % (05) v porovnaní ku kontrole.

Percentuálne zastúpenie jednotlivých génov virulencie v populácii múčnatky trávovej na jednotlivých trasách odchyty v sledovanej oblasti Slovenska a Maďarska sme vypočítali z pomeru virulentných a analyzovaných izolátov.

VÝSLEDKY a DISKUSIA

V tab. I je uvedené percentuálne zastúpenie génov virulencie v populácii múčnatky trávovej na jačmeni z jednotlivých úsekov odchyty.

Z výsledkov môžeme konštatovať, že v populácii múčnatky na území Slovenska je frekvencia génov virulencie voči niektorým génom rezistencie veľmi vysoká. Prakticky gény rezistencie *Ml-a13*, *Ml-g*, *Ml-a6*, *Ml-a12*, *Ml-a9* úplne stratili svoju hodnotu rezistencie. Frekvencia virulentných patotypov voči nim bola už v rokoch 1989 až 1990 pomerne vysoká (S ý k o r a, Š v a n t n e r o v á, 1992), hoci sa zistili určité regionálne rozdiely. Môžu byť spôsobené najmä odrodovou skladbou pestovaných odrôd v určitej oblasti a teda rôznym selekčným tlakom na populáciu patogéna. V porovnaní k rokom 1989 až 1991 (S ý k o r a et al., 1992) došlo k prekvapujúco prudkému zvýšeniu virulentných izolátov voči génom rezistencie *Ml-a7+?* a *Ml-k* na celom území Slovenska. V priebehu posledných štyroch rokov nedošlo k výrazným zmenám vo frekvencii izolátov múčnatky virulentných voči génu rezistencie *Ml-La*.

Relatívne nízku virulenciu sme zistili voči kombinácii génov rezistencie *Ml-a7+Ab* (odroda Triumph). Konštatujeme ale regionálne rozdiely a zatiaľ najnižšiu virulenciu v oblasti Košíc.

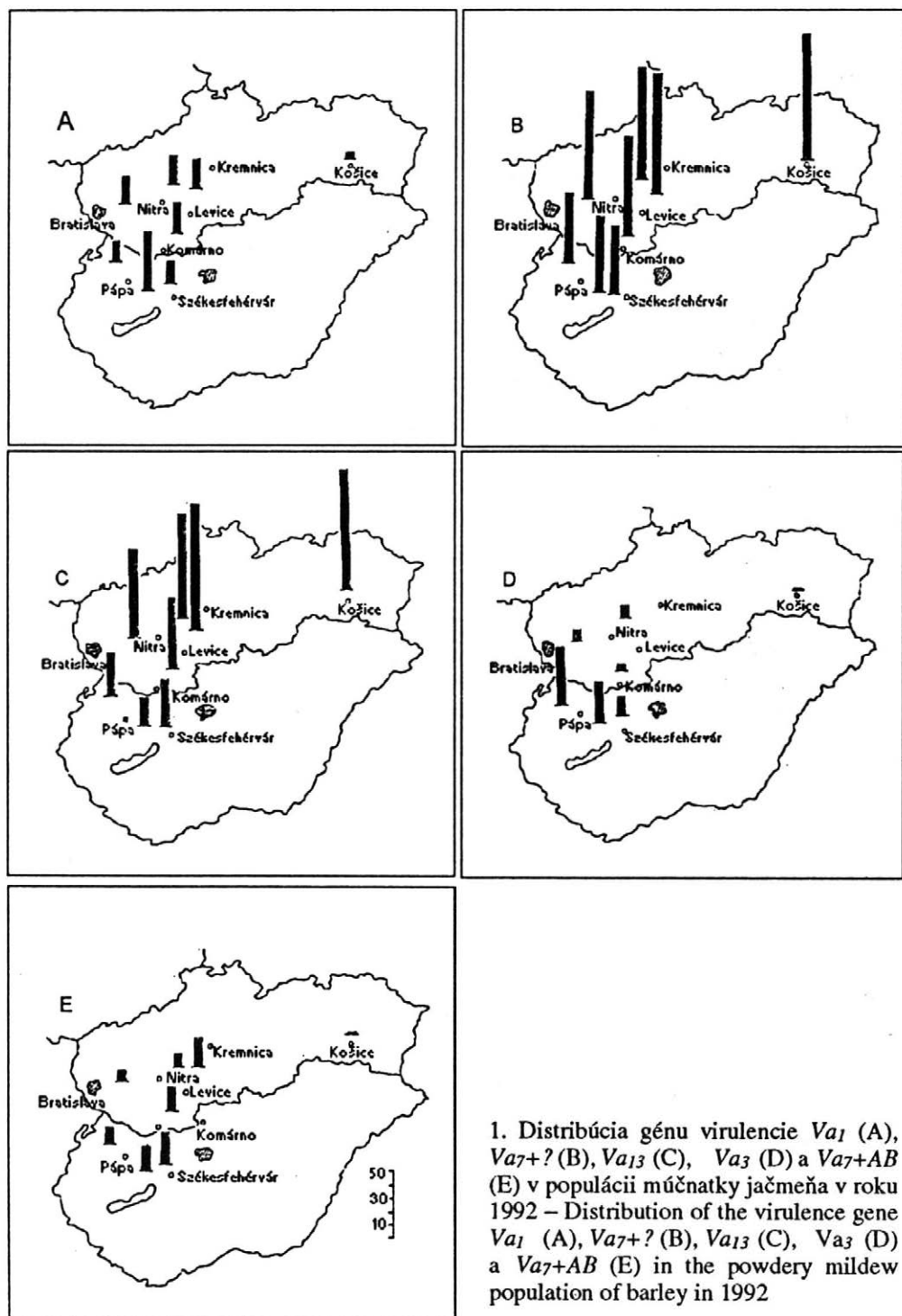
V roku 1992 došlo na Slovensku k výraznému zvýšeniu virulencie voči génu rezistencie *Ml-a1*, pri ktorej okrem oblasti Košíc presahujú hodnoty 20% frekvenciu. Voči génu rezistencie *Ml-a3* sme zistili prvú virulenciu v roku 1990 (S ý k o r a, Š v a n t n e r o v á, 1992). Okrem jednej oblasti (Levice, Kremnica) sme všade zistili virulentné patotypy, najmä na úseku Kremnica - Bratislava, kde sa hodnoty pohybovali okolo 10 %. V oblasti Košíc bol z 82 analyzovaných izolátov jeden virulentný voči génu rezistencie *Ml-a3*. Voči génu rezistencie *Ml-(W)*, u ktorého sa predpokladá horizontálny typ rezistencie (J a h o o r, 1986), sme zistili izoláty so zvýšenou virulenciou v oblasti Košíc a na úseku Levice - Kremnica.

Výsledky analýzy virulencie z územia Maďarska sú prvé získané touto metódou a nemáme možnosť porovnať vývoj virulentnosti v populácii patogéna počas viacerých rokov, prípadne s údajmi iných autorov. Prekvapujúco vysokú frekvenciu virulencie sme zistili prakticky voči všetkým nami sledovaným génom rezistencie. Najvyššie hodnoty frekvencie sme zistili voči génom rezistencie *Ml-k*, *Ml-g* a *Ml-a6*. 50 až 60 % analyzovaných izolátov bolo virulentných voči génom rezistencie *Ml-a7+?*, *Ml-a12* a *Ml-La*. Nižšiu frekvenciu virulencie, ale s výraznejšími regionálnymi rozdielmi, sme zistili voči génom rezistencie *Ml-a1*, *Ml-a3* a *Ml-a13*. Najnižšie hodnoty sme zistili vo frekvencii virulencie voči odrode

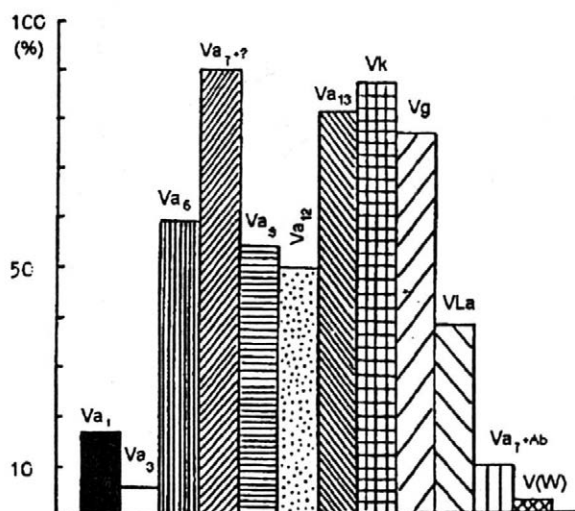
I. Frekvencia génov virulence v populácii múčnatky jačmeňa v roku 1992 na území Slovenska a Maďarska (%) – Frequency of virulence genes of powdery mildew of barley in 1992 in some regions of Slovak and Hungarian Republics (%)

Región ¹	Počet izolátov ²	Va ₁	Va ₃	Va ₆	Va _{7+?}	Va ₉	Va ₁₂	Va ₁₃	V _k	V _g	V _{la}	Va _{7+Ab}	V(W)
Košice - okolie	82	4,9	1,2	41,5	98,8	69,5	48,8	96,3	93,9	81,7	28,1	2,4	4,9
Komárno - Levice	37	24,3	5,4	67,6	78,4	45,9	43,2	56,8	89,2	70,3	35,1	18,9	0
Levice - Kremnica	21	23,8	0	71,4	95,2	38,1	33,3	100,0	100,0	85,7	47,6	23,8	9,5
Kremnica - Nitra	39	23,1	10,3	76,9	87,2	46,1	46,1	82,0	84,6	82,1	41,0	10,3	0
Nitra - Bratislava	77	22,1	9,1	61,0	85,7	48,1	59,7	71,4	76,6	66,2	45,5	9,1	0
Bratislava - Pápa	53	17,0	47,2	75,5	54,7	39,6	64,2	33,9	94,3	88,7	58,5	13,2	17,0
Pápa - Székesfehérvár	61	47,5	32,8	73,8	59,0	50,1	55,7	22,9	82,0	72,1	45,9	19,7	0
Székesfehérvár - Komárno	32	18,8	15,6	75,0	53,1	43,8	59,4	37,5	90,6	75,0	78,1	25,0	0

¹region; ²number of isolates



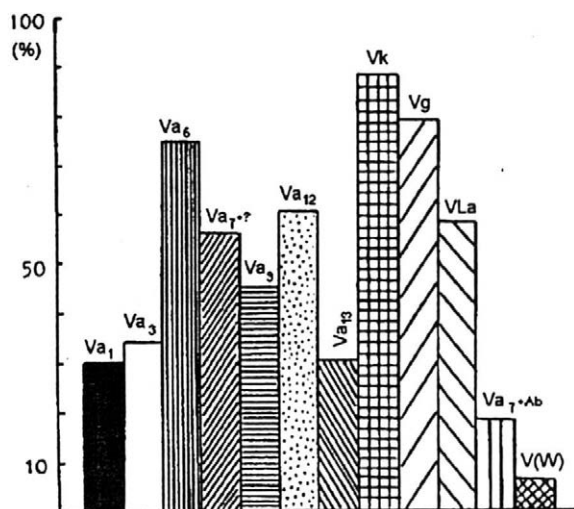
1. Distribúcia génu virulence *Va₁* (A), *Va_{7+?}* (B), *Va₁₃* (C), *Va₃* (D) a *Va_{7+AB}* (E) v populácii múčnatky jačmeňa v roku 1992 – Distribution of the virulence gene *Va₁* (A), *Va_{7+?}* (B), *Va₁₃* (C), *Va₃* (D) a *Va_{7+AB}* (E) in the powdery mildew population of barley in 1992



2. Percentuálne zastúpenie génov virulencie v populácii múčnatky jačmeňa na Slovensku v roku 1992 – Percentage of virulence genes representation in the population of powdery mildew of barley in Slovakia in 1992

Triumph s génmi rezistencie *Ml-a7+Ab*. Voči génu rezistencie *Ml-(W)* sme virulentné izoláty zistili len na úseku Bratislava - Pápa.

Z porovnania regiónov Slovenska a Maďarska môžeme konštatovať, že voči génom rezistencie *Ml-a6*, *Ml-a9*, *Ml-a12*, *Ml-k*, *Ml-g*, *Ml-La*, ale aj kombinovanej rezistencie *Ml-a7+Ab* nie sú výrazné rozdiely vo frekvencii virulencie v populácii múčnatky jačmeňa. Jedná sa predovšetkým o gény rezistencie, ktoré sú už dlhú dobu šľachtiteľmi zabudovávané do genotypov európskych jačmeňov. Nižšia virulencia génu *V-a13* v Maďarsku je spôsobená absenciou odrôd jačmeňa s génom



3. Percentuálne zastúpenie génov virulencie v populácii múčnatky jačmeňa v Maďarsku v roku 1992 – Percentage of virulence genes representation in the population of powdery mildew of barley in Hungary in 1992

rezistencie *Ml-a13* (S z u n i c s, osobné oznámenie) a zdá sa, že so vzďalovaním sa od hraníc Slovenska (Pápa - Székesfehérvár) frekvencia virulencie klesá.

Opačná situácia je pri génoch rezistencie *Ml-a1* a *Ml-a3*, voči ktorým je v Maďarsku v populácii múčnatky frekvencia virulencie už dostatočne vysoká. Možno predpokladať, že s rozšírením plochy pestovania odrôd jačmeňa s týmito gémi rezistencie na Slovensku dôjde aj v tomto regióne k rýchlemu zvýšeniu frekvencie izolátov virulentných voči týmto génom rezistencie.

Ako zdroj rezistencie v súčasnosti slúžia primitívne formy, alebo krajové odrody. Účinnosť týchto génov rezistencie je ale vplyvom mutácií a selekcie rýchlo patogénom prekonaná, a preto sa stále hľadajú nové zdroje rezistencie. Všetky doteraz lokalizované gény rezistencie voči múčnatke jačmeňa sa nachádzajú na štvrtom a piatom chromozóme (J a h o o r, 1986). Z dôvodu mnohostupňového polymorfizmu má zvláštne postavenie lókus *Ml-a*, lokalizovaný na piatom chromozóme. Mnohé súčasné odrody jačmeňa majú práve niektorý z lókusov *Ml-a*, ktoré sa ale z genetických dôvodov nedajú skombinovať do jedného stabilného genotypu. Doterajšie praktické skúsenosti ukazujú, že predovšetkým gény lókusov *Ml-a* sú patogénom rýchlejšie prekonávané ako ostatné gény rezistencie (J a h o o r, 1986).

PodĎakovanie

Ďakujeme p. Eve Petrovičovej a p. Ivete Čajkovičovej za technickú pomoc pri realizácii experimentov.

L i t e r a t ú r a

- JAHOOR, A.: Mehltaresistenz Israelischer Wildgersten - Resistenzspektrum, Vererbung und Lokalisierung. [Dizertačná práca.] Mníchov-Weihenstephan 1986, 199 s. - Technická univerzita.
- KOLSTER, P. - MUNK, L. - STOLEN, O. - LOHDE, J.: Near-izogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. *Crop Sci.* 26, 1986 : 903-907.
- LIMPERT, E.: Ursachen unterschiedlicher Zusammensetzung des Gerstenmehltaus, *Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei* Marchal, und deren Bedeutung für Züchtung und Anbau von Gerste in Europa. [Dizertačná práca.] Mníchov-Weihenstephan 1985, 183 s. - Technická univerzita.
- LIMPERT, E. - MÜLLER, K. - DUAN, X. - KOLLER, B. - McDERMOTT, J. - WOLFE, S. M.: Barley mildew in Europe - towards an integrated analysis of the pathogen, including virulence, fungicide sensitivity and RFLPs. In: JORGENSEN, J. (Ed.): *Integrated Control of Cereal Mildews*. Riso 1991 : 213-221.
- SCHWARZBACH, E.: A high throughput jet trap for collecting mildew spores on living leaves. *Phytopath. Z.*, 94, 1979 : 165-171.
- SÝKORA, M. - MIKLOVIČOVÁ, M. - LIMPERT, E.: Variation in virulence and fungicide-sensitivity in population of the barley mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*, Marchal) in CSFR. *Votr. Pfl.-Züchtg.*, 24, 1992 : 162-165.

SÝKORA, M. - ŠVANTNEROVÁ, Z.: Analýza virulencie populácie múčnatky trávovej na jačmeni z územia Slovenska a Moravy v rokoch 1989 a 1990. *Biológia*, 47, 1992 : 199-205.

Došlo dňa 4. 1. 1993

M. Sýkora, M. Miklovičová (Department of Genetics, Faculty of Natural Sciences of Komenský University, Bratislava, Slovak Republic)

**Spectrum and frequency of virulence genes in barley powdery mildew
(*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*)
in some regions of Slovak and Hungarian Republics**

Study the frequency of virulence genes in barley powdery mildew of grasses on barley we used the method as described by S ý k o r a and Š v a n t n e r o v á (1992).

Percentage of representation of particular genes in the population of powdery mildew on individual routes of catching in the Slovak and Hungarian regions under study was calculated from the ratio of virulent and analyzed isolates. We can say that the frequency of virulence in the powdery mildew population is high regarding resistance genes under study. In particular these are the genes of resistance *Ml-a6*, *Ml-a12*, *Ml-a9*, *Ml-a13*, *Ml-g* (Table I, Figs. 1). Virulence towards the genes of resistance *Ml-a7+?* and *Ml-k* was considerably increased in Slovakia.

In the studied regions of Hungary higher values of the virulence frequency towards resistance genes *Ml-a1* and *Ml-a3*, was found out while the frequency was lower towards *Ml-a13*. This is evidently connected with the spectrum of cultivated cultivars. Now, the combination of resistance *Ml-a7+Ab* and *Ml-(W)* genes against powdery mildew infestation is the most efficient in the studied regions.

Hordeum vulgare L.; *Erysiphe graminis hordei*; analysis of virulence

POSTGRADUÁLNÍ STUDIUM Z OBORU GENETIKY

PŘÍLOHA ČASOPISU GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ, 29, 1993, ČÍSLO 3

**VÝVOJ SELEKČNÝCH INDEXOV A ICH APLIKÁCIA
V ŠLACHTENÍ RASTLÍN***Martin UŽÍK**Výskumný ústav rastlinnej výroby, 921 68 Piešťany*

Pri zámernej selekcii na viac znakov boli vypracované rôzne biometrické postupy na predpoveď zmien nielen v znakoch, na ktoré sa selekcia robí, ale aj v tých znakoch, na ktoré sa selekcia nerobí, a tiež na reguláciu zmien ich priemerných hodnôt v dôsledku selekcie.

Zložitosť selekcie na viac znakov závisí od charakteru vzťahov medzi nimi. Ak sú kladné, a pri všetkých je šľachtiteľsky želateľné ich hodnotu zvyšovať, potom selekcia na jeden znak zvyšuje i hodnoty ďalších znakov. V takomto prípade postačuje metóda, ktorá by na základe viacerých znakov spresnila selekciu, a tým aj jej efektívnosť pri maximalizácii genetického zisku v úrode.

Metódy selekcie na viac znakov

Medzi exaktné metódy selekcie na viac znakov patrí metóda tandemovej selekcie, metóda nezávislých výberových hladín a indexová selekcia.

Tandemová selekcia. Pri tandemovej selekcii sa zvyšuje selekciou hodnota jedného znaku (jednu alebo viac generácií), v ďalšej generácii sa zvyšuje selekciou hodnota znaku ďalšieho. V praxi sa táto metóda používa obmedzene, môže sa aplikovať pre organizmy s krátkym generačným cyklom. Postup je málo efektívny.

Metóda nezávislých výberových hladín. Pre každý znak sa určí určitá úroveň, ktorú má vybraný jedinec dosiahnuť. Metóda sa používa v šľachtiteľskej praxi, ale nie je jednoduchá. Problémy vznikajú pri záporných vzťahoch medzi znakmi.

Indexová selekcia je simultánna selekcia, t.j. súčasná selekcia na viac znakov, ktoré sú spolu kombinované do indexu a predmetom selekcie nie je znak, ale index ako nepomenované číslo. Na konštrukciu indexu sa môžu použiť parametre fenotypické alebo genotypické, a podľa toho môžeme hovoriť o fenotypických (jednoduchých) alebo genotypických indexoch. Medzi fenotypické indexy môžeme zaradiť aditívny index (R u e b e n b a u e r, 1963) a multiplikatívne indexy (E l s t o n, 1963). V príspevku sa zameriame na genotypické indexy, ktoré ako prvý formuloval S m i t h (1936).

Formálne predpoklady pre konštrukciu selekčných indexov z viac ako dvoch znakov nie sú zvlášť náročné. Predpokladajme, že určitý počet línií, kmeňov a_i skúsime minimálne na jednom mieste vo viacerých opakovaníach, a na každom genotype hodnotíme n znakov, ktoré majú byť predmetom selekcie, alebo pomocou ktorých chceme selekciu spresniť.

Pri indexovej selekcii uvažujeme o zloženom agregovanom znaku, ktorý môžeme označiť ako I , pričom

$$I = H + E$$

kde: I - fenotypická veličina,

H - genotypická hodnota, ktorá môže byť vyjadrená funkciou

$$H = a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_ny_n = a_iy_i$$

kde: a_i ($i = 1 \dots n$) - ekonomické váhy znakov,

y_i ($i = 1 \dots n$) - aditívna alebo šľachtiteľská hodnota znaku.

Podobnou funkciou môže byť opísaná hodnota zloženého fenotypu I :

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n = b_ix_i$$

kde: x_i - fenotypické hodnoty znakov,

b_i - regresné koeficienty alebo výberové váhy, ktoré je potrebné vhodným postupom určiť.

Pretože cieľom je získať maximálny šľachtiteľský pokrok v šľachtiteľskej hodnote (H) selekciou podľa indexu (I), výberové koeficienty b_i musia byť určené tak, aby vzťah medzi I a H hodnotou bol čo najtesnejší.

Z experimentálnych údajov (n znakov hodnotených na k genotypoch, skúšaných na viacerých miestach) vypočítame obvyklým spôsobom genotypické a fenotypické variancie a kovariancie.

Na začiatku kvôli zjednodušeniu predpokladajme, že každý znak, ktorý má výberovú hodnotu a je na ľavej strane sústavy rovníc, má súčasne i ekonomickú váhu a je zaradený do sústavy rovníc na pravej strane.

$$b_1P_{11} + b_2P_{12} + \dots + b_iP_{1i} + \dots + b_nP_{1n} = P_1$$

$$b_1P_{21} + b_2P_{22} + \dots + b_iP_{2i} + \dots + b_nP_{2n} = P_2$$

$$b_1P_{31} + b_2P_{32} + \dots + b_iP_{3i} + \dots + b_nP_{3n} = P_3$$

$$b_1P_{n1} + b_2P_{n2} + \dots + b_iP_{ni} + \dots + b_nP_{nn} = P_n$$

kde: P_{ii} - fenotypická variancia i -znaku,

P_{ij} - fenotypická kovariancia medzi znakom x a y ,

b_i - štandardizované regresné koeficienty alebo výberové váhy jednotlivých znakov, ktoré máme riešením sústavy rovníc určiť.

Podobne zostavíme pravú stranu sústavy rovníc, a to z genotypických variancií (G_{ii}), z genotypických kovariancií (Gp_{ij}) a ekonomických váh (a_i) jednotlivých znakov :

$$a_1 G_{11} + a_2 G_{12} + \dots + a_i G_{1i} + \dots + a_n G_{1n} = g_1$$

$$a_1 G_{21} + a_2 G_{22} + \dots + a_i G_{2i} + \dots + a_n G_{2n} = g_2$$

$$a_1 G_{i1} + a_2 G_{i2} + \dots + a_i G_{ii} + \dots + a_n G_{in} = g_i$$

$$a_1 G_{n1} + a_2 G_{n2} + \dots + a_i G_{ni} + \dots + a_n G_{nn} = g_n$$

zjednodušene v maticovej forme zápisu

$$Pb = Ga$$

$$b = P^{-1} Ga$$

Zostavením dvoch sústav rovníc sme splnili formálne predpoklady pre výpočet výberových koeficientov (b_i). V skutočnosti výber znakov do indexu ekonomickej hodnoty spolu s odhadom ekonomických váh je pre svoju zložitost príčinou, prečo sa indexy neujali v šľachtiteľskej praxi.

Formy selekčných indexov podľa šľachtiteľského cieľa

Index má tvar podľa toho, aké znaky zahrnieme do výberového indexu (I) a aké do šľachtiteľskej hodnoty (H). Rozhodujú najmä ekonomické váhy. V prípade, že ekonomický význam má len jeden znak (spravidla úroda), potom sa sústava rovníc na pravej strane redukuje na jeden stĺpcový vektor, čo je genetická kovariancia úrody s ostatnými znakmi v indexe. Pôvodný index $b = P^{-1} Ga$ sa zmení na $b = P^{-1} kovG_{yxl}$.

Obmedzujúci index

Medzi úrodou a ďalšími znakmi sú nežiadúce vzťahy, ktoré potrebujeme regulovať indexovou selekciou. Kempthorne a Nordskog (1959) navrhli obmedzujúci selekčný index, pri ktorom z celkového počtu n znakov pri r nie sú požadované žiadne zmeny. Vektor výberových váh sa v tomto prípade počíta podľa vzorca:

$$b = [-P^{-1} G'r (Gr P^{-1} G'r)^{-1} Gr] P^{-1} Ga$$

kde: I - jednotková matica,

P^{-1} - inverzná matica fenotypických variancií a kovariancií,

Gr - transponovaná matica $r \times n$,

$G'r$ - matica $n \times r$,

a - ekonomické váhy.

Ak je počet obmedzených znakov r , potom matica Gr je $n \times r$ alebo $r \times n$, a vznikne vynechaním posledných $(n-r)$ riadkov. Postup maximalizuje genetický zisk pri obmedzení, že pokrok v určitej lineárnej funkcii je nulový.

Index pre optimálny genotyp

T a l l i s (1962) rozšíril predchádzajúci index tak, že namiesto žiadúceho pokroku v určitom znaku predpokladal zisk v hraniciach optimálneho genotypu. Hodnotíme n znakov, ale pri $r < n$ požadujeme, aby sa zmenili o hodnotu k_j , t.j. na optimálnu hodnotu, pričom $j = 1 \dots r$. Ostatné znaky $r + 1$ sa môžu meniť bez obmedzenia. Takto konštruovaný index sa nazýva index pre optimálny genotyp.

$$b = I - [P^{-1} Gr (Gr P^{-1} Gr)^{-1} P^{-1} Ga + P^{-1} G'r Gr P^{-1} G'r]^{-1} k$$

Zo vzorca vyplýva, že ak $k = 0$, redukuje sa vzorec na tvar, ako uvádzajú K e m p t h o r n e a N o r d s k o g (1959). Ak $r = 0$, riešenie má východiskový tvar $b = P^{-1} Ga$ a v prípade, že $r = p$, tak $b = G^{-1} K$.

Index - požadované genetické zisky

Pri všetkých predchádzajúcich indexoch, ak sa majú vypočítať výberové váhy znakov (b_i), je potrebné poznať ekonomické váhy znakov zahrnutých do šľachtiteľskej hodnoty genotypu. S ich určovaním je veľa problémov, a preto P e š e k a B a k e r (1969b) navrhli postup výpočtu koeficientov (b_i) tak, že sa vopred určia požadované genetické zisky. Ekonomické váhy pre získanie b_i koeficientov nie sú potrebné.

$$b = G^{-1}h$$

kde: h - vektor požadovaných genetických ziskov,
 G^{-1} - matica genotypických variancií a kovariancií znakov zaradených do indexu.

Určitou nevýhodou tohto postupu je, že sa nedajú priamo do indexu zahrnúť sekundárne znaky, teda znaky bez ekonomického významu. Ak ich môžeme zahrnúť nepriamo (P e š e k, 1970) pre znaky, ktoré nemajú ekonomický význam, odhadujeme selekčný pokrok zo vzťahu k hlavnému znaku.

Metódu požadovaných genetických ziskov zovšeobecnil T a i (1977) tak, aby bolo možné sekundárne znaky použiť na zvýšenie istoty selekcie.

Index reálnych cieľov

J a n s s e n s (1984) odporúča použiť namiesto požadovaných genetických ziskov (P e š e k, B a k e r, 1969b) reálne ciele, čo je v podstate vektor genetických ziskov jednotlivých znakov pri nezávislej priamej selekcii.

Odhad selekčného pokroku

Pri selekcii podľa indexu je predmetom selekcie index a selektujú sa jedince s najvyššou hodnotou indexu.

$$I_i = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m = I_i = b_{xi}$$

Index pre každý genotyp získame ako súčet súčinov hodnoty znaku a výberového koeficientu b_i .

Celkový selekčný pokrok (R) odhadujeme podľa vzorca

$$R = ir_{HI}$$

kde : i - intenzita selekcie,

r_{HI} - korelácia medzi hodnotou indexu a šľachtiteľskou aditívnou hodnotou H .

Pre výpočet potrebujeme tieto parametre :

- varianciu indexu $I = b' Pb = b \cdot g$ (lebo $Pb = g$)

- varianciu aditívnej hodnoty $H = aGa$

- kovarianciu $HI = b Gr = b' Pb$

$$r_{HI} = \frac{b' Pb}{bPb \cdot aGa}$$

Selekčný pokrok v indexe

$$R_I = i \cdot b' Pb$$

Selekčný zisk v jednotlivých znakoch

$$R_{xi} = \frac{i \cdot b gi}{b P b}$$

kde : g_i - i -stĺpec matice, stĺpcový vektor. Súčet súčinov šľachtiteľských pokrokov (genetických ziskov) s ekonomickými váhami je opäť celkový selekčný pokrok :

$$R_I = a_i \cdot R_{xi}$$

Selekčný pokrok je udaný v jednotkách, v ktorých boli počítané variancie a kovariancie, ale môžeme ho vyjadriť v percentuálnom priemere populácie, čo je vhodné pre porovnávanie rôznych indexov a rôznych znakov.

Určenie ekonomických váh

Z parametrov, ktoré sú potrebné pre konštrukciu šľachtiteľského indexu, najviac problémov vyvoláva určenie ekonomických váh pre jednotlivé znaky a úzko súvisí so správnym stanovením šľachtiteľského cieľa. Pri konštrukcii selekčných indexov je treba rozlišovať medzi znakmi s ekonomickým významom a znakmi výberovými, ktoré sú zahrnuté do indexu. Znaky, pomocou ktorých chceme selekciu spresniť, nemusia byť zahrnuté do šľachtiteľskej hodnoty genotypu.

Niektorí autori do šľachtiteľského cieľa zahrňujú len znaky s ekonomickým významom, a preto odporúčajú index využiť pri šľachtení plodín, ktoré sú predmetom trhu, napr. zelenina, ovocie atď. Ďalší autori zaraďujú do šľachtiteľskej hodnoty genotypu okrem úrody tiež ďalšie znaky. Považuje sa za sporné zaraďovať do znakov s ekonomickým významom prvky úrody. Šľachtiteľ sotva skombinuje prvky lepšie, ako sama rastlina. Odporúča sa preto selekcia na úrodu *per se* (L a w r e n c e, 1981). Indexy nie sú vhodné pre znaky kvalitatívne.

Pre správne stanovenie ekonomických váh treba mať všestranné skúsenosti a znalosti. Ak má šľachtiteľský cieľ viac znakov, je vhodné na začiatok určiť pre každý znak rovnakú ekonomickú váhu = 1. Ak chceme niektorý znak preferovať (napr. pri sóji), môžeme selekciu zamerať na bielkoviny, a preto zvolíme ekonomickú váhu pre bielkoviny vyššiu ako pre olej, a naopak. Pri selekcii na olej je pomer ekonomických váh obrátený - vyšší pre olej ako pre bielkoviny. V prípade, že všetky znaky zahrnuté do šľachtiteľského cieľa chceme úmerne zlepšiť, musíme zohľadniť ich genetickú variabilitu.

Pod ekonomickou váhou znaku sa rozumie relatívny zisk, o ktorý sa zvýši celkový príjem, ak sa určitý znak zvýši o jednotku.

Na odhad ekonomických váh sa používajú tieto metódy:

Metóda rovnakého tlaku

Ekonomická váha znaku sa rovná obrátenej hodnote jeho smerodajnej odchýlky $a_i = \sigma^{-1}$.

Metóda vychádza z neistého predpokladu, že ekonomická váha znaku je nepriamo úmerná jej variabilite, avšak na druhej strane je ochranou proti určeniu extrémnej, veľkou chybou zaťaženej ekonomickej váhy niektorého znaku (H e r r e n d ö r f e r, S c h ü l e r, 1987).

Metóda požadovaných ziskov

Postup pri tejto metóde (P e š e k, B a k e r, 1969b) bol vyvinutý s cieľom určiť výberové koeficienty bez toho, aby sme museli určovať ekonomické váhy.

Späťne, keď poznáme b_i koeficienty v indexe I , môžeme určiť ekonomické váhy

$$a = G^{-1} P b.$$

Metóda vychádza zo subjektívneho odhadu požadovaných selekčných znakov, ktoré šľachtiteľ môže určiť spoľahlivejšie, ako ekonomické váhy. Formálne sú to ekonomické váhy, avšak sú určené požadovanými ziskami a pre takéto váhy sa odporúča termín *weighting coefficients*.

Parciálne regresné koeficienty

Za objektívnu metódu odhadu ekonomických váh sa považuje mnohonásobná regresná analýza. Ekonomické váhy (a_i) sú parciálne regresné koeficienty fenotypických hodnôt na odhad čistého zisku jedinca (W).

$$W = c + a_i P_i + \dots + a_n P_n$$

kde : c - konštanta,

a_i - ekonomické váhy = parciálne regresné koeficienty, udávajúce o koľko sa zmení hodnota W , ak sa fenotypická hodnota znaku P zmení o jednotku. Ostatné znaky sú konštantné.

Metódu aplikovali viacerí autori v selekčných indexoch pri šľachtení zvierat (Dunlop, Young 1960; Andrus, McGilliard, 1975). Metódu aplikovali na 308 stromoch *Pinus radiata* a *Pinus caribea* Cotterill a Jackson (1985) a pri jarom jačmeni Užík a Žofajová (1992).

Využitie selekčných indexov v šľachtení

Účinnosť indexovej selekcie sa obyčajne porovnáva s priamou selekciou, prípadne sa porovnávajú indexy jednoduché so štatistickými. Žiaden rozdiel medzi nimi nezistil Rubenbauer (1963). Podobne Subandi et al. (1973), ktorí použili pri dvoch populáciách hybridov kukurice tri druhy indexov (multiplikatívny, aditívny a selekčný), zistili, že indexová selekcia bola účinnejšia ako priama, avšak jednoduchý multiplikatívny index bol rovnako účinný, ako index získaný pomocou štatistických metód. Smirjajeva Gochman (1985) pri porovnaní priamej a indexovej selekcie pri úrode zrna pšenice, ktorá mala vysoký koeficient dedivosti, zistili, že indexová selekcia nebola účinnejšia, avšak pre odnožovanie, ktoré malo nízky koeficient dedivosti, bola indexová selekcia účinnejšia než priama. Pešek a Baker (1969a) v simulovanej štúdii porovnali tandemovú a indexovú selekciu, pričom indexová bola účinnejšia než tandemová pri všetkých kombináciách simulovaných parametrov (päť lokusov, ekonomická váha = 0,5; 1; 1,5; väzba = 0,0 až 0,05). Iná podobná štúdia naznačila, že sa relatívna účinnosť indexovej selekcie oproti tandemovej znižuje po opakovaných cykloch selekcie, a to tým viac, čím silnejšia je negatívna korelácia medzi dvoma znakmi (Villanova, Kennedý, 1993). Pešek (1970) aplikoval metódu požadovaných genetických ziskov pri pšenici na skrátenie termínu klasenia a dátumu dozrievania, zníženie výšky stebľa a zvýšenie úrody. Očakávaný genetický zisk sa rádovo líšil od požadovaných ziskov pri všetkých znakoch. Zvýšil

úrodu, úmerne skrátiť termín klasenia a dozrievania a znížiť výšku stebľa v analyzovanom súbore sa nejavilo perspektívne.

R o s i e l l e a F r e y (1975) zistili pri ovsí, že priama selekcia na úrodu zvyšovala výšku rastliny a oddiaľovala termín kvitnutia. Preto použili index obmedzujúci uvedené znaky. Indexovou selekciou sa znížil očakávaný zisk (9,4 %) oproti priamej selekcii (16,4 %).

Selekčný index aplikovaný citovaným spôsobom pre samoopelivé druhy v pokračujúcom stupni homozygotizácie alebo dokonca na súbore odrôd mohol len spresniť a uľahčiť selekciu takých genotypov, ktorých priemer sa najviac blížil požadovaným parametrom. V takejto forme sa môže selekčný index použiť na hodnotenie genotypov alebo odrôd (U ž í k, 1991), alebo na výber rodičov do kríženia. B e b j a k i n a M a r t y n o v (1984), ktorí aplikovali selekčné indexy v šľachtiteľských programoch, porovnali selekčné indexy na zvýšenie kvality jarnej pšenice. Očakávaná efektívnosť, t.j. genetický pokrok indexovej selekcie k priamej, bola maximálne 17,5 %. V prvých generáciách nezískali index, ktorý by bol lepší, ako priama selekcia. Korelácia medzi indexom v generácii F₄ a kvalitou chleba v generácii F₅ bola len 0,38. Uzatvorili, že šľachtiteľské indexy nie sú zárukou identifikácie vysokovýkonných genotypov, i keď indexová selekcia môže byť efektívnejšia ako priama selekcia (až o 80 %).

V selekčnom programe aplikoval indexovú selekciu M a h d y (1988). Porovnal metódy nezávislých výberových hladín (ICL), indexovú a priamu selekciu na úrodu zrna, výšku rastliny, dĺžku klasu, dátum klasenia a počet klasov rastliny. Zistil, že najefektívnejšia bola selekcia podľa indexu, požadované genetické zisky (4 znaky - 14,5 %; 7 znakov - 12,9 %), priama selekcia (12,9 %), Smith-index (7 znakov - 5,2 %) a ICL (4,1 %).

H o l b r o o k et al. (1989) porovnali efektívnosť obmedzujúceho selekčného indexu v troch cykloch selekcií pri sóji na zvýšenie úrody zrna pri udržaní obsahu bielkovín. Získané výsledky neboli však jednoznačné, pretože priama selekcia na úrodu zrna alebo na úrodu proteínu dala lepšie výsledky, ako selekcia podľa indexu. Tieto dva cykly selekcie autori nepovažujú za dostatočné na vyhodnotenie prednosti indexovej selekcie pri dlhodobej selekcii.

E l g i n et al. (1970) zistili po piatich generáciách selekcií pri lucerne, že fenotypický index bol rovnako efektívny ako index, ktorý uvádza S m i t h (1936), a obe selekcie boli efektívnejšie, než metóda nezávislých výberových hladín. Najmenej efektívna bola selekcia tandemová.

Uvedený prehľad ukázal v mnohých prípadoch neočakávanú vysokú účinnosť indexovej selekcie, prípadne opačne negatívne výsledky, čo najčastejšie bolo spôsobené neobjektívnymi štatisticky neoverenými parametrami, z ktorých boli selekčné indexy zostrojené. Okrem toho boli len v obmedzenej miere overené v selekčných programoch. K dispozícii sú rôzne formy selekčných indexov, vypracované programy a výkonné počítače, čo vytvára predpoklady (i napriek niektorým metodickým problémom), ako napr. odhad ekonomických váh, aplikácie selekčných indexov v dlhodobějších šľachtiteľských programoch v širšom rozsahu, najmä pri selekcii rekurentnej.

Literatúra

- ANDRUS, D. F. - Mc GILLIARD, L. D.: Selection of dairy cattle for overall excellence. *J. Dairy Sci.*, 58, 1975 : 1876-1879.
- COTTERILL, P. P. - JACKSON, N.: On index selection I. Methods of determining economic weight. *Silvae Genet.*, 34, 1985 : 64-69.
- DUNLOP, A. A. - YOUNG, S. S. Y.: Selection of Merino sheep: An analysis of the relative economic weight applicable to some wool traits. *Emp. J. exp. Agric.*, 28, 1960 : 201-210.
- ELGIN, J. H. - HILL, R. R. - ZEIDERS, K. E.: Comparison of four methods of multiple trait selection for five traits in alfalfa. *Crop Sci.*, 10, 1970 : 190-193.
- ELSTON, R. C.: A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics*, 19, 1963 : 85-97.
- HERRENDÖRFER, G. - SCHÜLER, L.: Populationsgenetische Grundlagen der gerichteten Selektion. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag 1987 : 263s.
- HOLBROOK, C. C. - BURTON, J. W. - CARTER, T. E., Jr.: Evaluation of recurrent restricted index selection for increasing yield white holding seed protein constant in soybean. *Crop Sci.*, 29, 1989 : 324-329.
- JANSSENS, M. J. J.: Outlay of realistic goals in index - selection. *Votr. Pfl.-Züchter*, 7, 1984 : 41-49.
- JOHNSON, V. A. - SCHMIDT, J. W. - MEKASHA, W.: Comparison of yield components and agronomic characteristics of four winter wheat varieties differing in plant height. *Agron. J.*, 58, 1966 : 438-441.
- KEMPTHORNE, O. - NORDSKOG, A. W.: Restricted selection indices. *Biometrics*, 15, 1959 : 10-19.
- LAWRENCE, M. G.: Multiple trait selection - A review. Quantitative genetics and breeding methods. Proc. 4th Meeting of the Section Biometrics. In: *Plant Breed.*, Poitiers, France, Sept. 2-4, 1981 : 263-284.
- MAHDY, E. E.: The efficiency of some selection procedures in wheat, *Triticum aestivum* L. *Cereal Res. Commun.*, 16, 1988 : 175-181.
- PEŠEK, J.: Indexová selekce na výnos a kvalitu jarní pšenice. *Genet. a Šlecht.*, 6, 1970 : 229-238.
- PEŠEK, J. - BAKER, R. J.: A comparison of tandem and index selection in modified pedigree method of breeding self-pollinated species. *Can. J. Pl. Sci.*, 49, 1969a: 773-782.
- PEŠEK, J. - BAKER, R. J.: Desired improvement in relation to selection indices. *Can. J. Pl. Sci.*, 49, 1969b : 803-804.
- ROSIELLE, A. A. - FREY, K. J.: Application of restricted selection indices for grain yield improvement in oats. *Crop Sci.*, 15, 1975 : 544-547.
- RUEBENBAUER, T. - WEGRZYN, S.: Die Bedeutung einfacher taxonomischer Methoden für die Pflanzenselektion. *Züchter*, 33, 1963 : 167-168.
- SMIRJAJEV, A. V. - GOCHMAN, M. V.: Biometričeskije metody v selekcii rastenij. Moskva, Agropromizdat 1985 : 213.
- SMITH, H. F.: A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugenics* 7, 1936 : 240-250.
- SUBANDI, M. - COMPTON, W. A. - EMPIG, L. T.: Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Sci.*, 13, 1973 : 184-186.
- TAI, G. C. C.: Index selection with desired gains. *Crop Sci.*, 17, 1977 : 182-183.
- TALLIS, G. M.: A selection index for optimum genotype. *Biometrics*, 18, 1962 : 120-125.

UŽÍK, M.: Evaluation of genotypes by means of selection indices. [Vedecká práca.] Piešťany, VÚRV 1991 : 267-274.

UŽÍK, M. - ŽOFAJOVÁ, A.: Odhad ekonomických váh pre selekčné indexy. Poľnohospodárstvo, 38, 1992 : 135-144.

VILLANUEVA, B. - KENNEDY, B. W.: Index versus tandem selection after repeated generations of selection. TAG, 85, 1993 : 706-712.

M. Užík (Research Institute of Plant Production, Piešťany, Slovak Republic)

The development of selection indexes and their application in plant breeding

The contribution gives empiric and exact methods of select for more traits, while it deals in detail with the method of selection indexes (SI). Formal conditions for SI are as follows : variance estimation (V) and covariance (Cov) for the group of genotypes from experiments in one or more environments and estimation of economic weights for individual traits. Various SI forms were developed from basic form of index $Pb = Ga$ (P - matrix of phenotypic V and Cov , G = matrix of genotypic V and Cov , b - index coefficients, a - vector of economic weights), based on the fact how many traits on the right side of the equation have an economic values (SI basic, restricted index, index for optimum genotype, etc.) or the ways solving the economic weights (the method of desired genetic gains and index of real genetic gains). There are problems concerning the estimation of economic weight (EW) for different traits, this is in a close relation to the breeding target and according to this selective traits and traits with economic meaning exist. To estimate EW method of partial regression coefficients is recommended or to use the concept of "desired genetic gains" in which EW are not needed.

There are a few experimental data on effectiveness and efficiency of SI in plant breeding. Most literary contributions regarding SI application is of formal or predictive character. They were obtained from non-representative, statistically not-verified parameters, there is a few results on their application in long-term breeding programmes.

Two SI functions are emphasized. Firstly, to precise the selection, in particular in the case when economic meaning is contributed solely to the yield of final product, and secondly, the regulation of relationships between traits in demanded direction, what is not possible to be realized by a one-cycle selection, but recurrent selection in long-term breeding programme in self-pollinated and cross-pollinated plants.

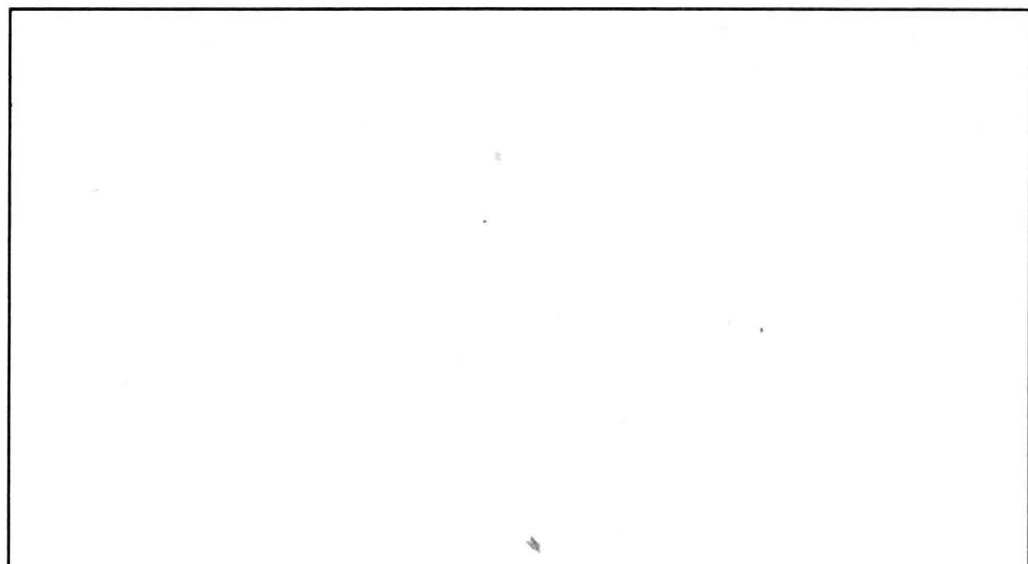
multidimension selection; effectiveness; genotypic and phenotypic index; economic weights

OBSAH – CONTENTS

Wiesner I., Hofírek P., Pípalová E.: Identification of soybean cultivars using dry seed characters – Identifikace odrůd soji užitím znaků odvozených ze suchých semen	161
Kučera L., Šíp V., Šašek A., Škorpík M.: Analýza vybraných znaků u dihaploidních linií a odpovídajících potomstev generace F ₂ u pšenice obecné – Analysis of selected characters in wheat doubled haploids and F ₂ generation progenies	175
Kostkanová E., Manev M., Stehno Z.: Pekařská jakost zrna vybraných zahraničních odrůd pšenice jarní z kolekce genetických zdrojů – Baking quality of grain of some foreign spring wheat varieties from the collection of genetic sources	183
Brückner F.: Vyšlechtění odrůdy sladovnického ječmene nového morfotypu Forum – The breeding of the malting barley cultivar of new morphotype Forum	199
Hanušová R., Bartoš P.: Odolnost českých povolených odrůd a novošlechtění pšenice ozimé k padlí travnímu (<i>Erysiphe graminis</i> DC. f. sp. <i>tritici</i> Marchal) – Powdery mildew resistance of Czech winter wheat cultivars and advanced lines	205
Klusák H.: Selektce chemomutantů ječmene jarního pomocí aktivity nitrát-reduktázy – The selection of chemomutants of spring barley by nitrate reductase activity	217
Sýkora M., Miklovičová M.: Spektrum a frekvencia génov virulence múčnatky trávovej (<i>Erysiphe graminis</i> f. sp. <i>hordei</i>) na jačmeni v niektorých oblastiach SR a MR – Spectrum and frequency of virulence genes in barley powdery mildew (<i>Erysiphe graminis</i> f. sp. <i>hordei</i>) in some regions of Slovak and Hungarian Republics	227

PŘÍLOHA – SUPPLEMENT

Užík M.: Vývoj selekčních indexů a ich aplikácia v šľachtení rastlín – The development of selection indexes and their application in plant breeding	235
---	-----



Vědecký časopis GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ ♦ Vydává Česká akademie zemědělských věd a Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied – Ústav zemědělských a potravinářských informací ♦ Vychází čtyřikrát ročně ♦ Redaktorka MVDr. Eva Machejová ♦ Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 02/251 098 ♦ Sazba a tisk ÚZPI ♦ © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1993.

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, doručovatel tisku a Administrace centralizovaného tisku, Hvoždanská 5 - 7, 149 00 Praha 4.