

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH
INFORMACÍ

GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ

GENETICS AND PLANT BREEDING

2

ROČNÍK 31
PRAHA 1995
CS ISSN 0862-8629

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ
GENETICS AND PLANT BREEDING

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

Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agrindex, Biol. Abstr., Bibl. Agri., Chem. Abstr., Field Crop Abstr., Helminthol. Abstr., Herb. Abstr., Landwirt. Zentralbl., Plant Breed. Abstr.

Editorial board – Redakční rada

Chairman – Předseda

ing. Václav Šíp, CSc.

Members of the Editorial Board – Členové redakční rady

doc. ing. Jiří Foltýn, DrSc., prof. ing. Oldřich Chloupek, DrSc.,
ing. Alois Jirsák, CSc., ing. Josef Pešek, DrSc., ing. Marie Rasochová, CSc.,
prof. ing. Jan Rod, DrSc., ing. Jaroslav Špunar, CSc., ing. Jaroslav Tupý, DrSc.

Foreign Members of the Editorial Board – Zahraníční členové redakční rady

Dr. I. Bos (The Netherlands), Prof. Dr. V. A. Dragavcev (Russia),
Prof. Dr. Z. Staszewski (Poland), RNDr. Dana Šubová, CSc. (Slovak Republic),
Ing. Martin Užík, DrSc. (Slovak Republic), Ing. Alžběta Žofajová, CSc. (Slovak Republic)

Editors – Redaktorky

RNDr. Marcela Braunová, ing. Hedvika Malíková

Aim and scope: The journal publishes original scientific papers, short communications, and reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing knowledge in the given field. Published papers are in Czech, Slovak or English.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year and should be sent to the contact address.

Subscription price for 1995 is 140 Kc, 35 USD (Europe) and 37 USD (overseas)

Periodicity: The journal is published four times a year.

Contact address: Slezská 7, 120 56 Praha, Czech Republic
tel. 0402 / 251 098; Fax: 0402 / 257 090

PŮVOD ZDVOJENÝCH KLÁSKŮ TYPU DUOSPICULUM V KLASU PŠENICE OBECNÉ (*Triticum aestivum* L.)

Origin of Doubled Spikelets of Duospiculum Type in the Spike of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Jiří FOLTÝN, Jindřich KOŠNER

Research Institute of Crop Production, Prague, Czech Republic

Abstract: Crossing of *Triticum durum* Desf. with *Triticum aestivum* L. – duospiculum type (banana twin spikelets) suggests that the dominant trait “duo” is linked to the hexaploid genome of wheat (Table I). Doubled spikelets on one rachis internode can be found in the wheat spike either in the position “next to each other” (horizontal sessile spikelets, paired spikelets, tetrastichon type) or in the position “above each other” (vertical sessile spikelets, banana twin spikelets, duospiculum type); the Czech term “dvouklásek”, Russian “dvojnoj kolosok”, German “Doppelährchen” and English “doubled spikelets” or “supernumerary spikelets” can involve both types. The agreement consists in the fact that these are multifloret spikelets that do not differ from wheat spikelets with the spike of normal type and they are individually sessile on the rachis internode. But there is a difference, besides the different position, between them as follows: a) Tetrastichon type (Korič, 1966): 1. It occurs in tetraploid and hexaploid species of wheat, as a result of crossing with the share of *Triticum turgidum* L. (Korič, 1966; Tomasovič, 1993). 2. It is a rudimentary form in the spike of turgidum type when instead of the secondary rachis with two side spikelets a triple spikelet, or only a double spikelet, have been developed (Foltýn, 1990). 3. Fixed forms confer the trait concerned recessively at crossing, like the turgidum type (Pennell, Halloran, 1984; Kravčenko, 1987). 4. The trait is difficult to be maintained in further generations since due to the effect of the environment (and after crossing) it changes into the turgidum type or into the spike of normal type (Korič, 1980; Denčič, 1988; Martinek, 1994). – b) Duospiculum type (Foltýn, 1972): 1. It occurs not only as a mutation but also as a modification (in the case of development retardation in some cultivars) exclusively in hexaploid wheat in different parts of the world (Körnicke, 1885; Tumanjan, 1934; Gökçöl, 1939; Schlehuber, 1949; Sharman, 1967, etc.). 2. It is not possible to trace back the origin of the trait in the genus *Triticum* L. and/or *Aegilops* L. (Kimber, Feldman, 1987). 3. “Duo” mutants and hybrids confer the trait dominantly (Foltýn, 1980, 1991). 4. The trait can be conferred by crossing, through “duo” mutants and hybrids, to all commercial cultivars of common

wheat of winter and spring habit (Foltýn, Toman, 1987; Foltýn, 1989). Fig. 1 shows the characteristic differences in the materials of doubled spikelet and normal type. Probably on the basis of adaptation to modern conditions of common wheat growing, the „duo“ trait appeared on the principle of replication (duplication in this case) of the homological organ as an expression of evolutionary progress of this crop.

genus *Triticum*; hexaploide genome; banana twin spikelets; adaptation

Abstrakt: Z křížení *Triticum durum* Desf. s *Triticum aestivum* L. – typ duospiculum (banana twin spikelets) lze usoudit, že dominantní znak „duo“ je vázán na hexaploidní genom pšenice. Zatímco recesivní znaky tetrastichon (dvouklásky či trojklásky na jednom článku klasového větene v pozici vedle sebe) lze najít v pšenicích tetraploidních i hexaploidních, znak „duo“ (a to nejen jako mutace, ale i dauermodifikace a modifikace) se nenachází ani v tetraploidních pšenicích, ani v rodu *Aegilops* L., nebo v rodech příbuzných. Pravděpodobně na základě adaptace k novodobým podmínkám pěstování pšenice obecně se znak „duo“ objevil na principu opakování (zde duplikace) homologického orgánu jako projev evolučního progresu této plodiny.

genus *Triticum*; hexaploidní genom; banana twin spikelets; adaptace

V předchozím sdělení (Foltýn, Košner, 1991) jsme ukázali na možnost přenosu znaku „duospiculum“ (banana twin spikelets) z našeho dvoukláskového novošlechtění pšenice ozimé MM-9 do hybridů s odrůdou pšenice tvrdé (*Triticum durum* Desf.). Po získání několika dvoukláskových hybridů F_1 generace došlo v potomstvu (F_2) ke štěpení na rostliny s klasem „normál“ i „duo“, o shodném počtu chromozomů (kolem 34). V F_3 generaci se z rostlin s klasem „normál“ získaly rostliny normální, s počtem chromozomů kolem 35, kdežto z rostlin „duo“ pak štěpící populace „normál“ a „duo“ s počtem chromozomů kolem 41.

MATERIÁL A METODY

V dalších generacích kříženců *T. durum* (normál) cv. Parus x *T. aestivum* (duo) nšl. MM-9 byly vybírány a odděleně vysévány do dvouřádků v polních podmínkách VÚRV Praha-Ruzyně dvoukláskové formy. V generaci F_6 byl u devíti uvedených hybridů (a u jednoho hybridu téže generace hexa-

ploidního tritikale x *T. aestivum* „duo“) metodou Feulgena opět zjišťován počet chromozomů, vesměs po deseti jedincích ze vzorku. V dané generaci byly z těchto hybridů sklizeny rostliny typu „duo“ i zřídka štěpící rostliny typu „normál“ za stejným účelem diagnostiky F_7 . Pro ilustraci morfologických odlišností obou typů byl sestaven graf srovnávací naměřené (a dopočítané) hodnoty prvků produktivních stébel (obr. 1).

Srovnání struktury výnosu zrna na jednom hlavním stéble mezi vyštěpenými rostlinami s klasem normálním (= 100 %) a hybridy s klasem dvoukláskovým, dává obrázek známý z dřívějších podobných pokusů (Foltýn, 1987):

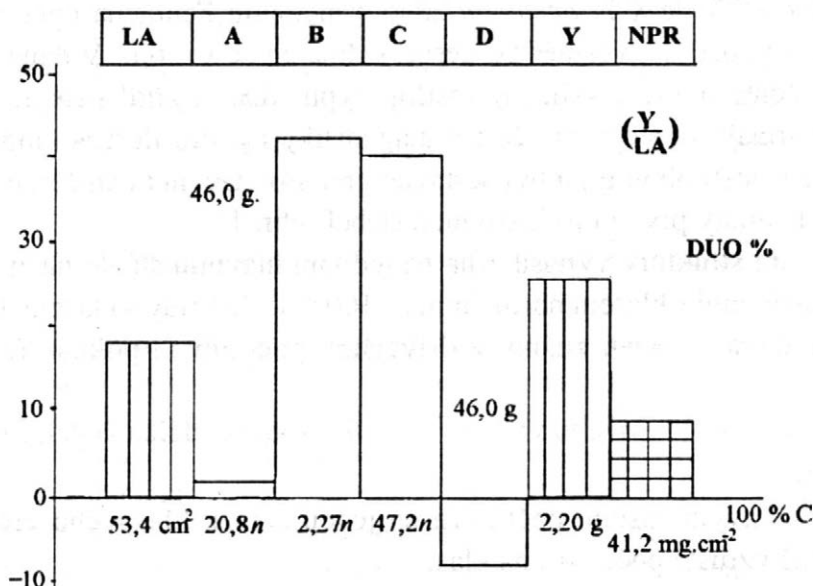
- počet článků klasového větene – a s tím spojená délka vegetace – se nemění;
- s pronikavým růstem počtu zrn na jeden článek klasového větene tak značně vzrůstá počet zrn na klas;
- vzrůst počtu zrn na klas má za následek jen mírný pokles hmotnosti jednoho zrna;
- jelikož přírůstek hmotnosti zrna na klas převažuje nad nárůstem aktivní listové plochy produktivního stébla, dochází k jistému zvýšení ukazatele čisté produkce zrna (NPR).

VÝSLEDKY

Výsledky zjišťování počtu chromozomů ($2n$) u kříženců ozimé pšenice *Triticum durum* Desf. x *Triticum aestivum* L. – typ duospiculum v generacích F_6 a F_7 – jsou uvedeny v tab. I:

1. V důsledku dominance znaku duospiculum dochází u hybridů po soustavných výběrech na tento znak i ve vyšších generacích k vyštěpení rostlin s normální formou klasu.
2. V návaznosti na stav zjištěný v F_3 generaci se u hybridů F_6 a F_7 generace projevují jak u rostlin s klasu typu „duo“, tak u vyštěpeného typu „normál“ hlavně euploidy ($2n = 42$).
3. Vyskytující se aneuploidy jsou buď monosomiky, nebo nullisomiky.
4. Vyštěpené rostliny v klasu typu „normál“ jsou zásadně euploidy.

Uvedené údaje potvrzují názor, vyslovený po rozbořech F_2 a F_3 generace, že znak duospiculum je vázán na hexaploidní genom pšenice.



LA = aktivní listová plocha, tj. plocha čepelí horních dvou listů na produktivním stéble – active leaf area, i.e. the area of blades of the two upper leaves on productive tiller [cm²]

A = počet článků klasového větve – number of rachis internodes

B = počet zrn v klásku – number of grains per spikelet

C = počet zrn v klasu – number of grains per spike

D = hmotnost 1000 zrn – 1 000 grain weight [g]

Y = hmotnost zrna na klas – grain weight per spike [g]

NPR = čistá produkce zrna – net production rate (Y/LA) [mg.cm⁻²]

1. Srovnání prvků struktury výnosu zrna na hlavním produktivním stéble hybridů F₆ generace (*Triticum durum* x *Triticum aestivum* – typ duospiculum) mezi vyštěpenými rostlinami s klasem normální formy (uvedené hodnoty při ose = 100 %) a rostlinami s klasem dvoukláskovým – typ duospiculum – Comparison of the components of yield structure on the main productive tiller of F₆ generation hybrids (*Triticum durum* x *Triticum aestivum* – duospiculum type) between segregated plants with the spike of normal form (the values near the axis = 100%) and plants with doubled spikelet spike – duospiculum type

DISKUSE

Zdvojené klásky na jednom článku klasového větve se v klasu pšenice mohou vyskytnout buď v postavení „vedle sebe“ (horizontal sessile spikelets, paired spikelets, typ tetrastichon), nebo v postavení „nad sebou“ (vertical sessile spikelets, banana twin spikelets, typ duospiculum); český výraz „dvouklásek“, ruský „dvojnoj kolosok“, německý „Doppelährchen“ a anglický „doubled spikelets“ či „supernumerary spikelets“ mohou zahrnovat oba typy. Shoda je v tom, že jde o vícekvětkové klásky, neliší se od klásků

I. Počet chromozomů ($2n$) rostlin z vyšších generací kříženců *Triticum durum* x *Triticum aestivum* – typ duospiculum (resp. tritikale x *T. aestivum* - duo), v F_7 generaci s rozčleněním na převládající typ „duo“ a vyštěpené rostliny typu „normál“ – The number of chromosomes ($2n$) in the plants from higher generations of crossing of *Triticum durum* x *Triticum aestivum* - duospiculum type (and/or tritikale x *T. aestivum* - duo) in F_7 generation while the plants were classified into the prevailing type “flagduo” and segregated plants of the type “normal”

Gene- race ¹	Typ ²	<i>T. durum</i> x D									Tc x D
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F ₆	D	42	42	40	42	41	41	42	42	41	41 42
				41 42							
F ₇	D	42	42	42	40 42	42	42	41 42	42	42	42
	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42

¹generation; ²type

pšenice s klasem normálního typu, samostatně přisedající na článek větene. Odlišnost – vedle polohy – však spočívá v následujícím:

a) Typ tetrastichon (Korič, 1966)

1. Vyskytuje se v druzích pšenic tetraploidních i hexaploidních, do kterých byl nakřížen s účastí *Triticum turgidum* L. (Korič, 1966; Tomasovič, 1993).
2. Je rudimentární formou větvení klasu typu turgidum – místo sekundární rachis se dvěma klásky po stranách se vyvine trojklásek, respektive jen dvouklásek (Foltýn, 1990).
3. Ustálené formy při křížení předávají znak recesivně, stejně jako typ turgidum (Pennell, Halloran, 1984; Kravčenko, 1987).
4. Znak je těžko v dalších generacích udržitelný, neboť vlivem prostředí (a ovšem po křížení) často přechází v typ turgidum nebo v klas normálního typu (Korič, 1980; Denčíč, 1988; Martinek, 1994).

b) Typ duospiculum (Foltýn, 1972)

1. Vyskytuje se nejen jako mutace, ale i jako modifikace (u některých odrůd v případě pozdržení vývoje) výhradně v pšenici hexaploidní v různých

částech světa (Körnicke, 1885; Tumanjan, 1934; Gökçöl, 1939; Schlehuber, 1949; Sharman, 1967 atd.).

2. Vystopovat původ znaku v rodu *Triticum* L., resp. *Aegilops* L. se nedá (Kimber, Feldman, 1987).
3. Mutanty i hybridy „duo“ předávají znak dominantně (Foltýn, 1980, 1991).
4. Prostřednictvím mutantů a hybridů „duo“ lze znak nakřížit do všech komerčních odrůd pšenice obecné v ozimé i jarní formě (Foltýn, Toman, 1987; Foltýn, 1989).

V systematických dílech o obilninách i příbuzných travách se – vedle pravého větvení klasu s klasovými větveny (rachis) druhého řádu a nepravého větvení s prodlužováním kláskového věténka (rachilla) – setkáváme s konstatováním běžné tvorby dvou a více klásků na jednom článku klasového větene u řady druhů několika rodů. Uvádí se, že jsou skupinově po dvou, třech, čtyřech, nebo ve dvojicích, trojicích atd., avšak vesměs bez udání polohy, zda vedle sebe, nebo nad sebou. V případě kulturního druhu (ječmen) je to jasné, ale v případech dalších nikoli.

Vyjdeme-li ze systému, který uvádí Cvelev (1976), pak v tribu Triticeae Dum. je v subtribu Triticinae Trin. ex Griseb. rod *Elymus* L. a v subtribu Hordeinae Dum. rod *Leymus* Hochst.; v obou těchto rodech se často vyskytují dva (i více) klásky na jednom článku větene. Podobně referuje Hitchcock (1971), který (jako i někteří další američtí autoři) uvádí oba rody sjednoceně (*Elymus* L.). Jiní (Barkworth, Atkins, 1984), uznávající samostatnost rodu *Leymus* Hochst., přímo píší: Klásky jeden nebo více na článku větene, přičemž přídatné klásky vyrůstají na krátké stopce v úžlabí pluch přisedlého klásku. Ani na obrázcích v monografiích, ani na dostupném „živém“ materiálu uvedených rodů ve VÚRV Praha-Ruzyně jsme nenašli dvouklásky typu duospiculum.

Zjišťování homologií a analogií jest základním úkolem srovnávací morfologie (Domin, 1925). Některé jevy evolučního rázu se často opakovaly v různých dobách a v různých částech rostlinné říše (Krečetovič, 1952). Již u plavuní (*Lycopsida*) se dichotomické větve telomů nesoucí sporangia postupně zkracovaly, až došlo k tvorbě klasu, když sporangia zůstala přimknuta k hlavní ose v úžlabí fylloidů; předstupněm před pouze jedním sporangiem a fylloidem byly jejich páry (Zimmermann, 1965; Tachtadžjan, 1966). Adventivní pupeny se mohou utvářet na kterémkoli místě rostliny jevnos-

nubné, mimo úžlabí listu (Velenovský, 1905 až 1910). Polymerizace, zvyšování počtu homologických orgánů, respektive duplikace orgánů, patří k základním mechanismům evoluce (Chochrjakov, 1981; Stebbins, Ayala, 1981) a u pšenice se uplatňuje u orgánů vegetativních i reprodukčních (Foltýn, 1994).

Evoluce v přírodě se – za působení Darwinova přírodního výběru – uskutečňuje hlavně cestou spontánních mutací a hybridizací; evoluce kulturních rostlin se – za aktivních zásahů člověka – podřizuje stejným zákonitostem jako v přírodě (Žukovskij, 1967). U kulturních rostlin dochází ke zvýšení atrakční schopnosti reprodukčních orgánů (Žučenko, 1988). Nedědičné a dědičné změny jdou v jednom směru a často se vnějškově neliší (Keller, 1948). Evoluce je řízena genetickou konstitucí a vlivy prostředí (Stebbins, 1957). Adaptivní znak je pak výrazem vývojových dějů, který usnadňuje přežití a rozmnožení subjektu v určité posloupnosti směny prostředí (Dobzhansky, 1956). Nový biotyp rostliny získaný mutací nebo rekombinací si nelze představit bez jemu vlastního prostředí (Gustafsson, 1954). Z řady důvodů se nové mutanty těžko uplatní dříve než za dvacet generací, ale potom mohou k pokroku přispět podstatně (Hill, 1982). Aby se prosadily nové cenné typy v obilninách, k tomu je třeba dvacítek (scores) let (Stebbins, 1956).

ZÁVĚR

Znak duospiculum, poprvé vědecky zachycený před více než sto lety jako abnormalita (Missbildung), byl dále postupně zaznamenáván jako modifikace, trvalá modifikace a mutace v různých podnebních zónách. Nevyskytuje se v pšenicích tetraploidních, ani v rodu *Aegilops* L., ba ani v příbuzných rodech, a je vázán na hexaploidní genom pšenice ABD s dominancí projevu v hybridech. Vysvětlení existence znaku duospiculum se nabízí v evolučním progresu klasu pšenice obecné prostřednictvím u trav zavedeného mechanismu opakování (zde duplikace) homologických orgánů, na základě adaptace k novodobým podmínkám pěstování plodiny.

Literatura

BARKWORTH, M. E. – ATKINS, R.J.: *Leymus* Hochst. (Graminae: Triticeae) in North America: taxonomy and distribution. Amer. J. Bot., 71, 1984: 609–625.

CVELEV, N. N.: Zlaky SSSR. Leningrad, Nauka 1976.

DENČIČ, S.: Genetic analysis of different structures of sink capacity in wheat. In: 7th Intern. Wheat Genetics Symp. IPSR, Cambridge, 1988: 439–502.

DOBZHANSKY, T.: What is an adaptive trait? Amer. Natur., 40, 1956: 337–347.

DOMIN, K.: Rostlinné tvarosloví. Praha, Čs. botanická společnost 1925.

FOLTÝN, J.: Větevnaté formy hexaploidní pšenice. Genet. a Šlecht., 8, 1972: 171–176.

FOLTÝN, J.: Změny architektiky klasu a klásku pšenice obecné (*Triticum aestivum* L.). Genet. a Šlecht., 16, 1980: 154–160.

FOLTÝN, J.: Výnosová schopnost a struktura klasu dvoukláskových mutantů pšenice ozimé typu duospiculum. Genet. a Šlecht., 23, 1987: 273–282.

FOLTÝN, J.: Předání znaku dvojité klásek (typ duospiculum) jarním formám pšenice (*Triticum aestivum* L.). Genet. a Šlecht., 25, 1989: 117–123.

FOLTÝN, J.: Homologie evolučních forem klasu kulturní pšenice (genus *Triticum*): znaky homogenie a heterogenie. Genet. a Šlecht., 26, 1990: 13–22.

FOLTÝN, J.: Dědičnost netradičních forem klasu pšenice obecné (*Triticum aestivum* L.) typu turgidum, tetrastichon, floribunda a duospiculum. Genet. a Šlecht., 27, 1991: 131–137.

FOLTÝN, J.: Princip opakování v orgánech pšenice a typ klasu duospiculum. Genet. a Šlecht., 30, 1994: 51–60.

FOLTÝN, J. – KOŠNER, J.: Pokus o přenos znaku dvouklásek (typ duospiculum) z pšenice obecné (*Triticum aestivum* L.) do pšenice tvrdé (*Triticum durum* Desf.). Genet. a Šlecht., 27, 1991: 139–145.

FOLTÝN, J. – TOMAN, K.: Dědičnost znaku dvouklásek (duospiculum) v hybridizaci pšenice ozimé. Genet. a Šlecht., 23, 1987: 41–47.

GÖKGÖL, M.: Türkiye bugdaylari. Ankara – Istanbul, Tan Matbaasi 1939.

GUSTAFSSON, A.: Mutations, viability and population structure. Acta agric. Scand., 4, 1954: 601–639.

HILL, W. G.: Predictions of response to artificial selection from new mutants. Genet. Res. (Camb.), 40, 1982: 255–278.

HITCHCOCK, A. S.: Manual of the grasses of the United States. New York, Dover Publ. 1971.

CHOCHRJAKOV, A. P.: Evolucija biomorf rastenij. Moskva, Nauka 1981.

KELLER, B. A.: Osnovy evolucii rastenij. Moskva – Leningrad, Izd. AN SSSR 1948.

KIMBER, G. – FELDMAN, M.: Wild wheat. Spec. Rep. 353, Coll. of. Agriculture, Columbia, Univ. of Missouri 1987.

KORIČ, S.: Produktivnost granate pšenice. Savrem. Polj., 14, 1966: 617–624.

KORIČ, S.: Poučvanje granatog kompleksa *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* i njegovog značaja za oplemenjivanje pšenice. Arh. poljopr. Nauke, 41, 1980: 271–282.

KÖRNICKE, F.: Die Arten und Varietäten des Getreides. Berlin, P. Parey 1885.

- KRAVČENKO, V. I.: Genoistočníky povýšennoj produktivnosti kolosa u ozimoj pšenicy. In: V. sjezd Vses. obšč. genetikov i selekcionerov. Moskva, 4, 1987: 217–218.
- KREČETOVIČ, L. M.: Voprosy evoljucii rastitelnogo mira. Moskva, Mosk. obšč. ispyt. prirody 1952.
- MARTINEK, P.: Větevnatost klasu pšenice (*Triticum aestivum* L.) typu turgidum, její dědičnost a využití. Genet. a Šlecht., 30, 1994: 61–74.
- PENNELL, A. L. – HALLORAN, G. M.: Influence of vernalization and photoperiod on supernumerary spikelet expression in wheat. Ann. Bot., 53, 1984: 767–776.
- SHARMAN, B. C.: Interpretation of the morphology of various naturally occurring abnormalities of the inflorescence of wheat. Can. J. Bot., 45, 1967: 2073–2080.
- SCHLEHUBER, A. M.: Widespread occurrence of supernumerary spikelets in common wheat. Agron. J., 41, 1949: 46–47.
- STEBBINS, G. L.: Cytogenetics and evolution of the grass family. Ann. J. Bot., 43, 1956: 890–905.
- STEBBINS, G. L.: Variation and evolution in plants. New York, Columbia Univ. Press 1957.
- STEBBINS G. L. – AYALA, F. J.: Is a new evolutionary synthesis necessary? Science, 213, 1981: 967–971.
- TACHTADŽJAN, A. L.: Sistema i filogenija cvetkovych rastenij. Moskva, Nauka 1966.
- TOMASOVIČ, S.: Winter wheat breeding based on increased grain production of spike. In: Ann. Wheat Newsletter, 39, 1993: 136–138.
- TUMANJAN, M.: Vetvistaja mjagkaja pšenica. Trudy prikl. Bot., Genet., Sel., S. V - Zern. kultury, 1934: 269–282.
- VELENOVSKÝ, J.: Všeobecná botanika I, II, III. Praha, Česká akad. pro vědy, slovesnost a umění 1905, 1907, 1910.
- ZIMMERMANN W.: Thelomtheorie. Stuttgart, G. Fischer 1965.
- ŽUČENKO, A. A.: Adaptivnyj potencial kulturnych rastenij. Kišinev, Štiinca 1988.
- ŽUKOVSKIJ, P. M.: Priroda i objem vida u kulturnych rastenij. Bot. Žurn., 52, 1967: 1530–1539.

Došlo 27. 3. 1995

Kontaktní adresa:

Doc. ing. Jiří Foltýn, DrSc., Krakovská 18, 110 00 Praha 1, Česká republika,
tel.: 02 / 26 49 35

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

Tel. (02) 257 541 Fax: (02) 257 090

Z pověření České akademie zemědělských věd vydává 10 vědeckých časopisů, které uveřejňují původní vědecké práce, vědecká pojednání, studie a přehledy zahraniční literatury z odvětví zemědělství, potravinářství a lesnictví. Časopisy jsou určeny především pracovníkům výzkumu, vysokých škol, vedoucím pracovníkům, odborníkům ve šlechtitelství a semenářství, plemenářství, ochraně rostlin, veterinářství, vývojových pracovištích zemědělské techniky, zemědělských staveb aj.

Časopis	Periodicita	Cena Kč
Rostlinná výroba (Plant Production)	12	468,-
Živočišná výroba (Animal Production)	12	468,-
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12	468,-
Lesnictví – Forestry	12	468,-
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12	396,-
Potravinářské vědy (Food Sciences)	6	220,-
Zemědělská technika (Agricultural Engineering)	4	140,-
Ochrana rostlin (Plant Protection)	4	140,-
Genetika a šlechtění (Genetics and Plant Breeding)	4	140,-
Zahradnictví (Horticultural Science)	4	132,-

Uvedené časopisy je možné objednat na adrese:

Ústav zemědělských a potravinářských informací
Slezská 7
120 56 Praha 2

GENY ZAKRSLOSTI V ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ODRŮDÁCH PŠENICE OZIMÉ VYKAZUJÍCÍCH NECITLIVOST NA GIBERELIN

The Gibberellic Acid Insensitive Dwarfing Genes in the Czech and Slovak Winter Wheat Varieties

Miroslav ŠKORPÍK, Václav ŠÍP, Jana CHRPOVÁ

Research Institute of Crop Production, Prague, Czech Republic

Abstract: Among the 21 Czech and Slovak winter wheat varieties registered for use in 1992, the varieties Agra, Danubia, Branka, Vlada, Iris and Ilona showed insensitivity to applied gibberellic acid (GA), indicating the presence of dwarfing (*Rht*) genes. After test crossing with donors of *Rht1* gene, the varieties Branka, Danubia and Agra did not segregate in reaction to GA and the variance in the length of above-ground plant part to the tip of second leaf lamina was not different from the variance of parents (Table I). The presence of *Rht2* gene in the varieties Branka and Danubia was eliminated owing to segregation in the 1 : 15 ratio, with dominance for insensitivity. The *Rht1* gene in the variety Vlada was detected earlier (Šíp, Škorpík, 1993). According to pedigree (Fig. 1), the insensitivity to GA in the varieties Iris and Ilona must have been derived from the spring wheat variety Siete Cerros, which carry *Rht1* gene. The likely donors of GA insensitivity to the varieties Branka, Danubia and Agra were also designated. The results of hybridological analyses or pedigree studies indicate the presence of *Rht1* gene in the all tested GA insensitive winter wheat varieties.

winter wheat varieties; GA response; *Rht* genes; genetic analysis; pedigree studies

Abstrakt: V sortimentu 21 českých a slovenských odrůd z Listiny povolených odrůd 1992 byla přítomnost genu zakrslosti (*Rht*) a necitlivosti na aplikovaný giberelin (GA₃) zjištěna u odrůd Agra, Danubia, Branka, Vlada, Iris a Ilona. Na základě hybridologických analýz v generaci F₂ či analýz rodokmenů byl u těchto odrůd detekován gen *Rht1*. Po křížení s nositeli genu *Rht1* neštěpily v reakci na GA₃ odrůdy Branka, Danubia a Agra a rozptýl v délce nadzemní části rostlin ke konci čepele druhého listu nebyl v hybridních populacích odlišný od rozptýlu rodičovských odrůd. Přítomnost genu *Rht2* u odrůd Branka a Danubia byla vy-

loučena na základě štěpení v poměru 1 : 15 s dominancí pro necitlivost. U odrůdy Vlada byl gen *Rht1* detekován dříve (Šíp, Škorpík, 1993). U odrůd Iris a Ilona je na základě rodokmenů necitlivost ke GA₃ spojena s přítomností genu *Rht1* pocházejícího z odrůdy Siete Cerros. Pravděpodobné zdroje necitlivosti ke GA₃ byly označeny také u odrůd Branka, Danubia a Agra.

odrůdy pšenice ozimé; reakce na GA₃; geny *Rht*; hybridologická analýza; rodokmeny

Pro šlechtitele mají velký význam informace o výchozích materiálech, mezi než patří i údaje o přítomnosti genů zakrslosti (*Rht* geny). Z identifikovaných *Rht* genů byly ve šlechtění komerčních odrůd pšenice zatím využity především geny *Rht1* (*Rht1S*), *Rht2* a *Rht8*. Geny *Rht1*, *Rht1S* a *Rht2* lze detekovat na základě necitlivosti na aplikovaný giberelin (GA₃). Hybridologické analýzy odhalily přítomnost genu *Rht1* u tří povolených českých odrůd pšenice jarní (Šíp et al., 1995) a u odrůdy pšenice ozimé Vlada (Šíp, Škorpík, 1993). Tato práce je zaměřena na detekci *Rht* genů u zbývajících českých a slovenských odrůd pšenice ozimé z Listiny povolených odrůd z roku 1992, u kterých byla zjištěna necitlivost ke GA₃.

MATERIÁL A METODY

V průběhu let byla u sortimentu povolených českých a slovenských odrůd pšenice testována reakce na aplikovaný giberelin. Jako necitlivé na GA₃ byly vyčleněny odrůdy Danubia, Ilona, Iris, Vlada, Agra (osvědčení o povolení odňato v roce 1994) a Branka (osvědčení o povolení odňato v roce 1993).

Hybridologické analýze byly podrobeny tři odrůdy (Branka, Danubia a Agra). Jako nositelé genů zakrslosti byly ke křížení se zkoumanými odrůdami použity tyto odrůdy: Siete Cerros a Vlada pro gen *Rht1* a Brigand a Mironovská *Rht2* pro gen *Rht2*. Mironovská *Rht2* je téměř izogenní linie (5*Mironovská/Avalon) s genem *Rht2* vytvořená ve VÚRV. V hybridní generaci F₂ a u rodičovských odrůd byl aplikován giberelin (podle metodiky popsané v pracích Šíp et al., 1986; Škorpík et al., 1989) a vyhodnocena reakce rostlin na aplikovaný giberelin. U kříženců i u rodičovských odrůd byla změřena délka nadzemní části rostlin ke konci čepele druhého listu a z jednotlivých údajů byl vypočten průměr a rozptyl. Pro hodnocení významnosti rozdílu mezi dvěma rozptyly byl použit *F* test. Štěpný poměr byl ověřen pomocí χ^2 testu.

Při sestavování rodokmenů se vycházelo z údajů získaných ze šlechtitelských stanic a z dostupných katalogů (Zeven, 1976; Škorpík et al., 1991; Martynov et al., 1992). Byla testována reakce rodičů, případně dalších dostupných předků na GA_3 . Přítomnost genů zakrslosti u rodičovských odrůd i ostatních předků je označována v obr. 1 pomocí horního indexu. Údaje o přítomnosti genů *Rht1*, 1S a 2 byly zjištěny v citované literatuře. V případě, že je odrůda označena horním indexem 0, v giberelinových testech jsme zjistili citlivost na GA_3 . Odrůdy neoznačené indexem nemohly být prověřeny pro nedostupnost osiva.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z tab. I je patrné, že u obou kříženců Branka/Siete Cerros a Branka/Vlada (gen *Rht1*) se vyskytly v F_2 generaci pouze rostliny necitlivé na GA_3 . U křížence Branka/Brigand (*Rht 2*) bylo detekováno pět rostlin citlivých na GA_3 a 86 rostlin necitlivých, což odpovídá štěpnému poměru 1 : 15 s dominancí pro necitlivost ($\chi^2 = 0,105 < \chi^2_{0,95}(1) = 3,84$). U křížence Branka/Mironovská *Rht2* bylo sedm rostlin citlivých k GA_3 a 71 necitlivých, což také odpovídalo uvedenému štěpnému poměru ($\chi^2 = 0,9603 < \chi^2_{0,95}(1) = 3,84$). Byla tedy zjištěna přítomnost genu *Rht1*.

U křížence Danubia/Vlada (*Rht1*) se vyskytovaly pouze rostliny necitlivé k GA_3 . U křížence Danubia/Mironovská *Rht2* vyštěpilo 10 rostlin citlivých na GA_3 , zbývajících 84 bylo necitlivých. Tento štěpný poměr odpovídá poměru 1 : 15 s dominancí pro necitlivost. Odchyly od tohoto poměru byly způsobeny pouze náhodnými vlivy ($\chi^2 = 3,03 < \chi^2_{0,95}(1) = 3,84$). Uvedené výsledky tedy ukazují na přítomnost genu *Rht1*.

Rozptyl v délce nadzemní části ke konci čepele druhého listu byl vždy významně vyšší u štěpicích kříženců (Branka/Brigand, Branka/Mironovská *Rht2* a Danubia/Mironovská *Rht2*) než u kříženců neštěpicích v reakci na giberelin a u rodičovských odrůd. Vyšší variabilita ve vzrůstu rostlin je evidentně způsobena segregací při neúplnosti dominance pro insenzitivitu (Gale, Law, 1976; Šíp et al., 1995).

Rostliny citlivé na GA_3 nebyly nalezeny v F_2 generaci též u křížence Ag-ra/Vlada a také velmi nízký rozptyl ve vzrůstu rostlin indikuje, že po křížení s nositelem genu *Rht1* (Vlada) nedošlo ke štěpení v reakci na GA_3 .

Na základě rodokmenů (obr. 1) je u odrůd Iris a Ilona pravděpodobným donorem genu necitlivosti na GA_3 odrůda Siete Cerros nesoucí gen *Rht1*

I. Typ reakce na GA₃, průměr ($\bar{x}$) a rozptyl (s^2) v délce nadzemních částí ke konci čepele druhého listu (v cm) u rostlin kříženců F₂ a u rodičovských odrůd pšenice ozimé – Classification of GA₃ response, mean values ($\bar{x}$) and variance (s^2) in the above-ground plant part to the tip of second leaf lamina (cm) of F₂ generation crosses and parental varieties of winter wheat

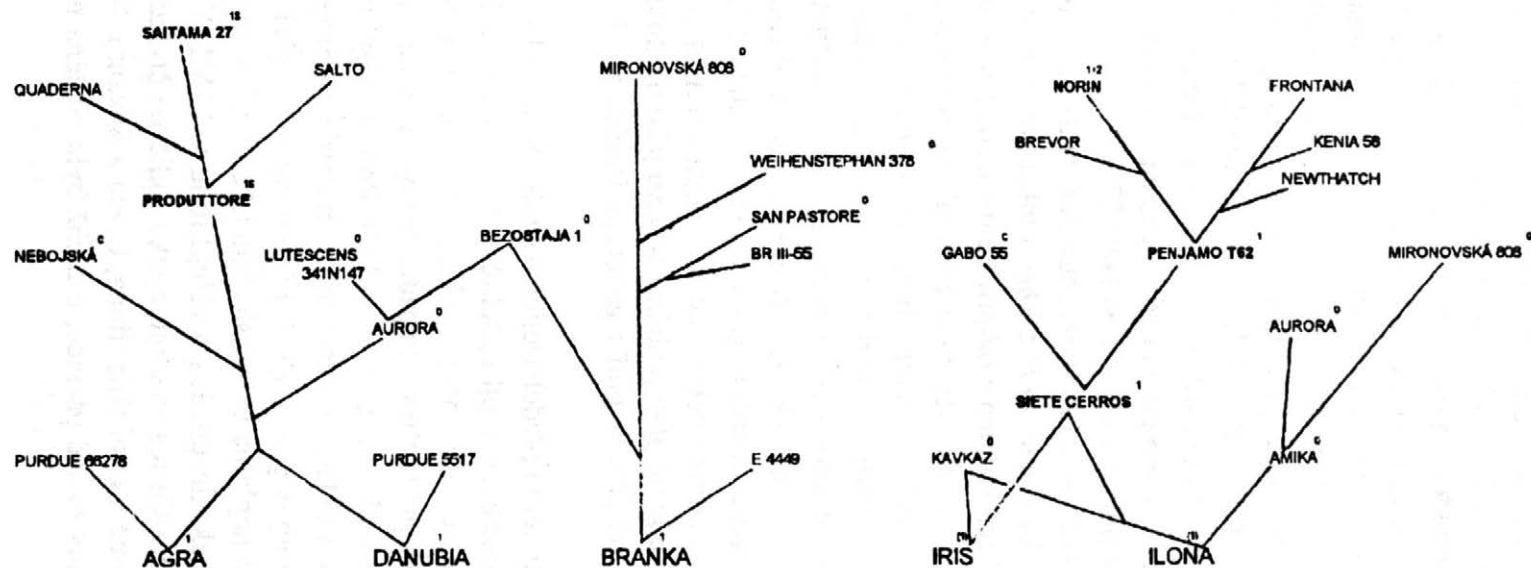
Kříženec – rodičovská odrůda ¹	I+S		I			S		
	$\bar{x}$	s^2	$\bar{x}$	s^2	n	$\bar{x}$	s^2	n
Branka/Siete Cerros	–	–	16,8	4,84	99	–	–	–
Branka/Vlada	–	–	14,9	5,29	90	–	–	–
Branka/Brigand	15,8	17,20	15,2	10,89	86	26,2	5,76	5
Branka/Mironovská <i>Rht2</i>	16,7	24,10	15,6	8,41	71	28,7	26,00	7
Branka	–	–	14,0	2,89	77	–	–	–
Siete Cerros	–	–	12,6	4,58	63	–	–	–
Vlada	–	–	13,0	1,52	90	–	–	–
Brigand	–	–	12,8	1,21	81	–	–	–
Mironovská <i>Rht2</i>	–	–	14,4	2,69	98	–	–	–
Danubia/Vlada	–	–	16,3	4,84	91	–	–	–
Danubia/Mironovská <i>Rht2</i>	18,1	16,20	17,3	10,89	84	25,1	8,41	10
Danubia	–	–	11,4	6,97	56	–	–	–
Vlada	–	–	13,0	1,52	90	–	–	–
Mironovská <i>Rht2</i>	–	–	14,4	2,69	98	–	–	–
Agra/Vlada	–	–	13,7	1,73	100	–	–	–
Agra	–	–	11,4	1,84	94	–	–	–
Vlada	–	–	13,0	1,52	90	–	–	–

I = rostliny necitlivé ke GA₃ – plants insensitive to GA₃

S = rostliny citlivé ke GA₃ – plants sensitive to GA₃

¹cross – parental variety

(Iris = Siete Cerros/Kavkaz; Ilona = Amika//Siete Cerros/Kavkaz). Odrůda Siete Cerros se uplatnila též jako rodič u dvou českých odrůd pšenice jarní – Lindy a Saxany. Zde je další doklad úspěšného uplatnění této mexické odrůdy s dobrou adaptabilitou k našim podmínkám prostředí (Šíp, Škorpík, 1979).



1. Rodokmeny odrůd pšenice ozimé Agra, Danubia, Branka, Iris a Ilona - Pedigrees of the winter wheat varieties Agra, Danubia, Branka, Iris and Ilona

K objasnění přenosu genu zakrslosti *Rht1* do ostatních sledovaných českých a slovenských odrůd lze sdělit následující údaje:

Branka je odrůda, do které mohl být gen *Rht1* podle udávaného rodokmenu přenesen z indického genotypu E 4449. Ostatní genotypy, které se podílejí na vzniku této odrůdy, gen *Rht1* prokazatelně nést nemohou.

Odrůda Agra má ve svém rodokmenu zastoupeny odrůdy citlivé na gibberelin, dále odrůdu Produktore (*Rht1S*) a konečně genotyp Purdue 66278 (5*Arthur /Purdue 6028 //2*Riley /Riley 67). Odrůda Riley 67 byla detekována jako necitlivá na GA₃ (Škorpík et al., 1991). Gen *Rht 1* může tedy pocházet právě z tohoto genotypu. Pokud by gen zakrslosti pocházel z odrůdy Produktore, měl by původ v odrůdě Saitama 27.

Worland a Petrovic (1988) označují gen zakrslosti z odrůdy Saitama 27 *Rht1S*. Je alelický s geny *Rht1* a *Rht3* a lokalizován na chromozomu 4A. V testovacím křížení Saitama 27/April Bearded *Rht1* nedošlo k vyštěpení rostlin citlivých na GA₃, ale štěpení se projevilo ve stupni insenzitivity ke GA₃. Průměrná délka pochvy prvního listu byla významně větší u odrůdy Saitama 27 než u linie April Bearded *Rht1*, což indikuje slabší necitlivost alely *Rht1S*. Slabší necitlivost však nebyla potvrzena vlastním testováním reakce odrůdy Saitama 27 na GA₃ ani údaji, které uvedl Yamada (1990). Posledně jmenovaný autor označuje gen v odrůdě Saitama 27 *Rht1*. Původ genu *Rht1* z odrůdy Produktore nelze u odrůdy Agra vyloučit.

Danubia je odrůda, o které platí podobné tvrzení jako o odrůdě Agra. Gen zakrslosti *Rht1* mohl být převzat buď z genotypu Purdue 5517, nebo z odrůdy Produktore.

Dosavadní výsledky této i předcházejících studií (Šíp, Škorpík, 1993; Šíp et al., 1995) ukázaly, že v odrůdách českého a slovenského šlechtění pšenice ozimé a jarní se zatím neuplatnil gen *Rht2*, který v celosvětovém měřítku převládá, a to především v západní Evropě (Velká Británie) a též v Mexiku, USA a Japonsku (Šíp et al., 1995). Prokázán byl pouze výskyt genu *Rht1*, i když jsou zvláště v českých šlechtitelských programech jako rodiče využívány odrůdy s genem *Rht2*. Přítomnost genu *Rht1* v našich odrůdách pšenice je též poplatná určité šlechtitelské etapě, v níž sehrály významnou roli polozakrslé odrůdy vyšlechtěné v CIMMYT, Mexiko. Například odrůda Siete Cerros vystupuje jako rodič ve čtyřech úspěšných odrůdách pšenice ozimé a jarní (Iris, Ilona, Linda a Saxana). Nelze opomenout také to, že odrůdy ozimé pšenice, u nichž byla zjištěna necitlivost ke

GA₃, jsou jižnější typy vyšlechtěné ve šlechtitelských stanicích jižní Moravy a na jižním Slovensku.

V českém šlechtění pro řepářskou a bramborářskou oblast jsou odrůdy s necitlivostí ke GA₃ v současné době vzácné [pouze odrůda RU 23 (UH 677/Mironovská krátkostébelná//Avalon/Mironovská krátkostébelná), zkoušená v SOZ], i když v posledních dvou letech byly třeba v hybridizačních programech ŠS Úhřetice (SELGEN a.s.) u 43 % kříženců použity rodiče necitlivé ke GA₃. Vylučování linií s *Rht* geny necitlivosti ke GA₃ může být spojeno s přílišným zkrácením délky stébla (pod optimum pro danou oblast) při kumulaci různých *Rht* genů. Při vzájemném křížení krátkostébelných pšenic mohou být výhodnější *Rht* geny s nižším efektem na zkrácení délky stébla (jako *Rht8* či *Rht1S*). Vysvětlením toho, že se v našich podmínkách hůře prosazují genotypy s *Rht2*, může být negativní vliv na vzcházení rostlin (utváření porostu) zkrácením délky koleoptile (Allan, Pritchett, 1980), což má za následek snížení výnosové jistoty. Foltýn a Tábořská (1988) ověřili skutečnost, že pšenice s delším stéblem mají delší koleoptile při srovnání odrůd se stejným počtem internodií, a doporučují při zvolené délce stébla šlechtit na delší koleoptile cestou nižšího počtu internodií. Podle údajů, které uveřejnil Allan (1989), se přítomnost genu *Rht1* (v porovnání s genem *Rht2*) projevuje příznivěji na zakládání porostu i na objemovou hmotnost zrna. Geny *Rht1* a *1S* mají pravděpodobně ve studovaných středoevropských podmínkách lepší perspektivy pro využití (Šíp et al., 1991).

Literatura

- ALLAN, R. E.: Agronomic comparisons between *Rht1* and *Rht2* semidwarf genes in winter wheat. *Crop Sci.*, 29, 1989: 1103–1108.
- ALLAN, R. E. – PRITCHETT, J. A.: Registration of 16 lines of club wheat germplasm. *Crop Sci.*, 20, 1980: 832–833.
- FOLTÝN, J. – TÁBORSKÁ, J.: Závislost délky koleoptile na délkových parametrech stébla pšenice. *Genet. a Šlecht.*, 24, 1988: 107–114.
- GALE, M. D. – LAW, C. N.: The identification and exploitation of Norin 10 semidwarfing genes. Plant Breeding Institute Cambridge, Annual Report, 1976: 21–34.
- MARTYNOV, S. P. – DOBROTVORSKAJA, T. V. – STEHNO, Z. – DOTLAČIL, L. – FABEROVÁ, I. – HOLUBEC, V.: Genealogies and gene alleles identified in 31 000 cultivars and lines of wheat. Praha, VÚRV 1992: 1311 s.

ŠÍP, V. – AMLER, P. – BOBKOVÁ, L. – ŠKORPÍK, M.: Uplatnění genů krátkostébelnosti v programu šlechtění potravinářské pšenice. Genet. a Šlecht., 27, 1991: 7–14.

ŠÍP, V. – ŠKORPÍK, M.: Effective response to the environment in spring wheat. Z. Pfl.-Züchtg., 83, 1979: 263–271.

ŠÍP, V. – ŠKORPÍK, M. – TÁBORSKÁ, J.: Metoda testování reakce na aplikovaný giberelin pro detekci genů zakrslosti u pšenice. Genet. a Šlecht., 22, 1986: 133–141.

ŠÍP, V. – ŠKORPÍK, M.: Gen *Rht1* u odrůdy pšenice ozimé Vlada. Genet. a Šlecht., 29, 1993: 289–290.

ŠÍP, V. – ŠKORPÍK, M. – CHRPOVÁ, J.: Detekce genů zakrslosti u tří českých odrůd pšenice jarní. Genet. a Šlecht., 31, 1995: 25–33.

ŠKORPÍK, M. et al.: Genotypy pšenice a geny zakrslosti. Genotypes of wheat and dwarfing genes. Praha, VÚRV 1989: 66 s.

ŠKORPÍK, M. et al.: Katalog odrůd pšenice s charakteristikou důležitých vlastností. Praha, VÚRV 1991: 107 s.

WORLAND, A. J. – PETROVIC, S.: The gibberellic acid insensitive dwarfing gene from the wheat variety Saitama 27. Euphytica, 38, 1988: 55–63.

YAMADA, T.: Classification of GA response, *Rht* genes and culm length in Japanese varieties and landraces of wheat. Euphytica, 50, 1990: 221–223.

ZEVEN, A. C.: Genealogies of 14 000 wheat varieties. Netherlands Cereals Centre Wageningen, 1976.

Došlo 3. 4. 1995

Kontaktní adresa:

Miroslav Škorpík, Výzkumný ústav rostlinné výroby,
161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/360 851, fax: 02/365 22

**STUDIUM VIRULENCE V POPULACI PADLÍ TRAVNÍHO
NA PŠENICI (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*)
NA ÚZEMÍ ČR V ROCE 1994**

**A Study of Virulence in the Powdery Mildew Population
in Wheat (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) on the Territory
of the Czech Republic in 1994**

Karel KLEM, Ludvík TVARŮŽEK

Agricultural Research Institute Kroměříž, Ltd., Kroměříž, Czech Republic

Abstract: In 1994, 370 isolates of powdery mildew in wheat (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) which had been sampled using a mobile spore trap were investigated for their virulence to ten resistance genes and their combinations. Most resistance genes studied showed corresponding high virulence frequencies. The population has totally overcome the genes *Pm8*, *Pm7* and *Pm5*. Of the resistance genes present in a current winter wheat assortment, only the resistance controlled by the gene *Pm4b* is overcome by a low portion of the population. Differences in regional distribution of virulence are low and in most investigated genes insignificant. Also, a high level of the complexity in virulence genes has been observed in the population of the Czech Republic which limits diversification in winter wheat growing. The powdery mildew population on wheat shows a high variability; 156 pathotypes differing in one or more virulence genes have been detected in total. The effectiveness of the studied resistance genes under field conditions is discussed.

powdery mildew; wheat; virulence genes; population

Abstrakt: V roce 1994 byla na 370 izolátech padlí travního na pšenici (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*), získaných odchycem konidií z území České republiky pomocí mobilního lapače, sledována virulence k deseti genům odolnosti a jejich kombinacím. U většiny sledovaných genů odolnosti byly zjištěny vysoké četnosti virulence. Geny virulence v populaci zcela překonávají geny *Pm8*, *Pm7*, a *Pm5*. Z genů rezistence, přítomných v současném sortimentu odrůd pšenice ozimé, je překonávána nízkým podílem populace pouze odolnost řízená genem *Pm4b*. Rozdíly v regionálním rozložení virulence jsou nízké a u většiny sledovaných genů neprůkazné. V populaci České republiky byl rovněž zjištěn vysoký stupeň komplexity genů virulence v analyzovaných izolátech padlí

travního, který poskytuje omezené možnosti diverzifikace v pěstování ozimé pšenice. Populace padlí travního na pšenici je velmi variabilní; celkem bylo nalezeno 156 patotypů odlišujících se jedním a více geny virulence. Otázka efektivnosti sledovaných genů odolnosti v polních podmínkách je diskutována.

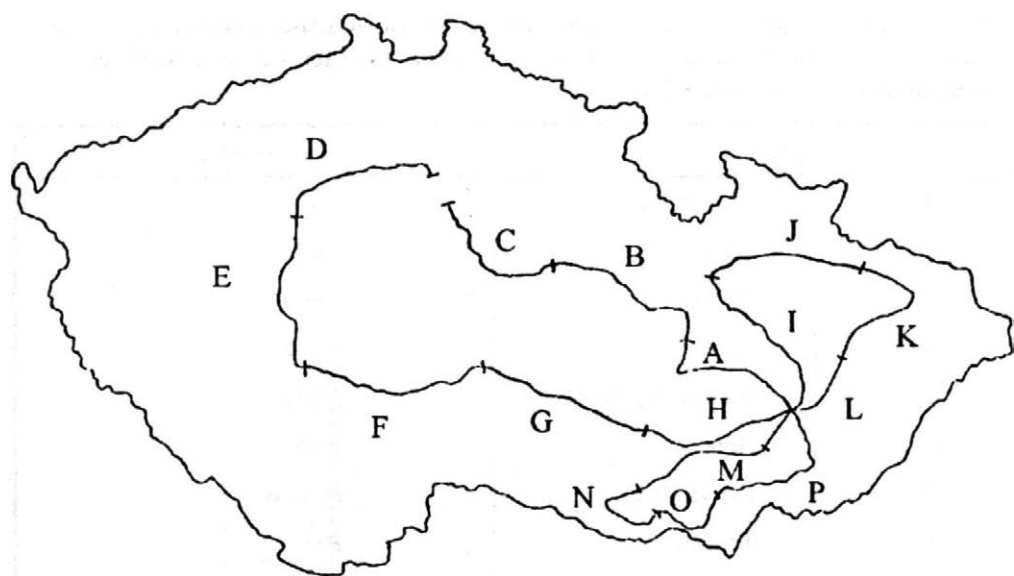
padlí travní; pšenice; geny virulence; populace

Původce padlí travního na pšenici (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) způsobuje v různých centrech pěstování obilnin pravidelné ztráty. Ačkoliv šlechtitelé a výrobci fungicidů se snaží vyvíjet účinné prostředky ochrany, nepodařilo se dosud tuto chorobu plně kontrolovat. Problém spočívá nejen v biologii houby, ale také ve způsobu pěstování obilnin. Patogen se vyznačuje velmi dobrou adaptabilitou na klimatické podmínky, a populace, které se rozmnožují zčásti sexuálně, jsou charakteristické značnou variabilitou, tvořenou řadou subpopulací. Z tohoto množství je pak vyselektováno několik daným podmínkám nejlépe přizpůsobených patotypů, které se silně rozmnožují a na základě rozšiřování větrem ohrožují pěstování obilnin v rozsáhlých oblastech.

V pěstitelských systémech je patogen podporován rozsáhlým používáním dusíkatého hnojení, často v nepřiměřeném množství, a ve značné míře i pěstováním jen malého počtu odrůd s rozdílnými geny odolnosti či jednostranným používáním fungicidních přípravků. Studium populace patogena z hlediska virulence, představující překonání hostitelské, rasově specifické rezistence, poskytuje důležité informace pro stanovení šlechtitelské strategie a efektivních ochranných opatření.

MATERIÁL A METODY

K odchytu konidií padlí travního ze vzduchu bylo použito mobilního lapče spor instalovaného na střeše osobního automobilu (Schwarzbach, 1979). Konidie byly zachycovány na prvních listech bezinfekčně vypěstovaných rostlin náchylné odrůdy ozimé pšenice Carsten V, vyložených na Petriho miskách s vrstvou 0,5% vodního agaru s 25 ppm benzimidazolu. Odchyt konidií byl prováděn z území celé České republiky. Trasa odchytu o celkové délce 1 406 km byla volena tak, aby byly zachyceny všechny nejvýznamější pěstitelské oblasti (obr. 1). Z technických důvodů nebylo možné zahrnout do průzkumu severní, západní a jižní části Čech, které by mohly být více ovliv-



1. Trasy odchyty konidií padlí travního na pšenici v populaci roku 1994 – Routes of trapping powdery mildew conidia on wheat in the population of 1994

něny populací patogena z Německa, případně z Rakouska. Odchyt konidií byl proveden ve dnech 23. a 24. 5. 1994. Sběrné vzdálenosti činily přibližně 100 km. Petriho misky s listy byly inkubovány 10 dnů za přirozeného osvětlení a teploty 18–20 °C. Jednokupkové izoláty byly izolovány pomocí varipipety a následně inokulovány v inokulační věži podle metodiky, kterou popsali podrobně Dreiseitl a Schwarzbach (1994).

Analýzy virulence byly provedeny na odstřižených listových segmentech testovacího sortimentu odrůd (tab. I), vyložených na vodním agaru s 25 ppm benzimidazolu v plastových kazetách. Po sedmidenní inkubaci bylo provedeno vyhodnocení reakce izolátu stanovením infekčního typu podle stupnice 0–4. Podle infekčního typu způsobeného izolátem pak byla stanovena virulence či avirulence.

Pro jednotlivé trasy odchyty byly vypočítány četnosti výskytu virulence k sledovaným genům odolnosti. V případě nízkého počtu izolátů získaných na jednu trasu byly sběry z blízkých oblastí spojovány. Rozdíly mezi četnostmi výskytu virulence pro jednotlivé oblasti byly statisticky vyhodnoceny χ^2 -testem. Pro ověření závislosti regionálního rozložení virulence mezi sledovanými geny odolnosti bylo použito korelační analýzy. Dále byla vyhodnocena komplexita genů virulence v izolátech padlí travního a její geo-

I. Diferenciační sortiment pšenice ozimé použitý k analýzám virulence v populaci padlí travního na pšenici – Differential assortment of winter wheat used for virulence analyses in the powdery mildew population in wheat

Odrůda ¹		Gen rezistence ²
1	Axminister	<i>Pm1</i>
2	Ulka	<i>Pm2</i>
3	Asosan	<i>Pm3a</i>
4	Chul	<i>Pm3b</i>
5	Weihenstephan M1	<i>Pm4b</i>
6	Hope	<i>Pm5</i>
7	Kenya Civet	<i>Pm2, 6</i>
8	Transec	<i>Pm7</i>
9	Salzmünde St 14/44	<i>Pm8</i>
11	Normandie	<i>Pm9, 2, 1</i>
10	Halle St. 13471	<i>Mld+mlha</i>

¹variety; ²resistance gene

grafické rozložení. Pro genové kombinace využívané v našem sortimentu povolených odrůd ozimé pšenice byla opět vyhodnocena četnost výskytu virulence, zjištěná jako podíl izolátů virulentních ke všem genům dané kombinace, a úroveň gametických disequilibrií, které představují odchylky v četnosti virulence kombinací genů od četností jednotlivých genů, vypočítaných podle vzorce (Hovmöller, Oestergård, 1991):

$$D(V_x V_y) = p(V_x V_y) - p(V_x) \cdot p(V_y)$$

kde: $D(V_x V_y)$ – gametické disequilibrium

$p(V_x V_y)$ – četnost virulence ke kombinaci genů odolnosti xy

$p(V_x)$ – četnost virulence ke genu odolnosti x

$p(V_y)$ – četnost virulence ke genu odolnosti y

VÝSLEDKY

Výsledky analýzy virulence pro jednotlivé oblasti České republiky jsou shrnuty v tab. II. Celkově je možné konstatovat, že nejvyšší frekvence viru-

II. Relativní četnosti výskytu virulence padlí travního na pšenici k příslušným genům odolnosti v populaci ČR roku 1994 – Relative frequencies of powdery mildew virulence in wheat to respective resistance genes in the population of CR

Trasa odchytu ¹		Gen odolnosti ²										
		<i>Pm1</i>	<i>Pm2</i>	<i>Pm3a</i>	<i>Pm3b</i>	<i>Pm4b</i>	<i>Pm5</i>	<i>Pm2, 6</i>	<i>Pm7</i>	<i>Pm8</i>	<i>Pm9, 2, 1</i>	<i>Mld+mlha</i>
A	Kroměříž-Jevíčko	78	70	35	24	23	60	55	91	100	30	27
B	Jevíčko-Chrudim	71	72	46	25	21	83	61	93	96	25	28
C+D	Chrudim-Kladno	55	60	15	30	5	80	40	90	95	10	25
E+F+G	Kladno-Devět Křížů	78	56	22	22	22	78	44	89	89	22	22
H+P	Devět Křížů-Kroměříž	55	64	36	23	23	77	50	96	100	14	27
I+J	Kroměříž-Opava	64	75	42	19	19	94	58	94	100	31	25
K	Opava-Běloutín	61	65	39	17	35	83	52	83	100	22	35
L	Běloutín-Střílky	63	69	44	15	18	85	46	87	97	12	28
M+N+O	Střílky-Čejč	60	60	45	15	15	90	45	70	100	25	25
	ČR celkem ³	68	68	39	21	21	80	53	90	98	22	27

¹route of trapping; ²resistance gene; ³CR in total

lence je v populaci ČR pro geny odolnosti *Pm8*, *Pm7* a *Pm5*. Tyto geny jsou již populací patogena zcela překonány. Poněkud nižší je frekvence výskytu virulence odpovídající genům *Pm2*, *Pm1* a kombinaci genů *Pm2+6*. I u těchto odolností lze však očekávat pouze omezený účinek. Nejnižší virulence byly zjištěny pro geny odolnosti *Pm4b*, *Pm3a*, *Pm3b* a kombinace *Pm9+2+1* a *Mld+mlha*. Přitom poněkud vyšší je úroveň virulence vůči genu *Pm3a*. Z těchto odolností je v našich odrůdách ovšem přítomen pouze gen *Pm4b*.

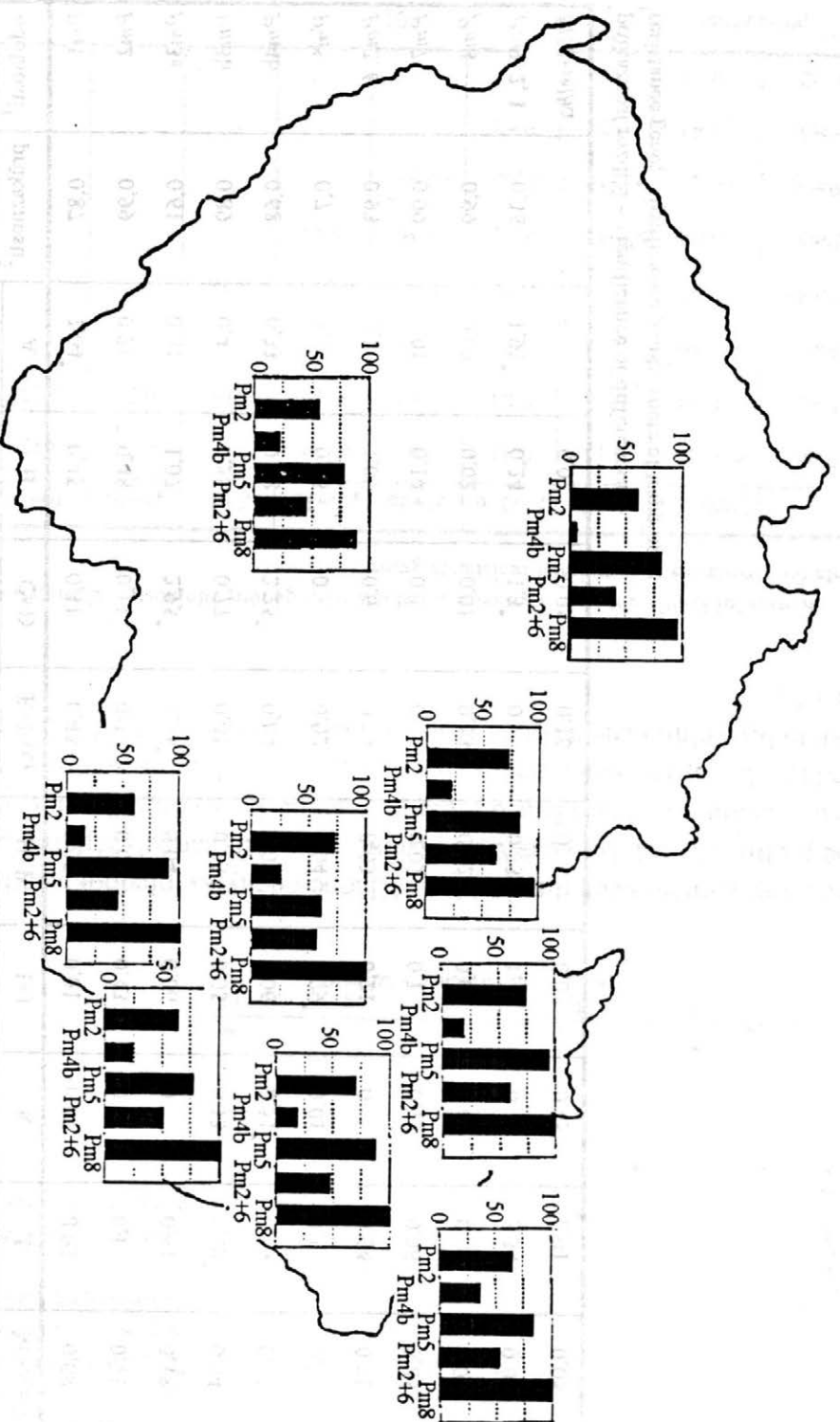
Výsledky ověřování rozdílů v četnostech virulencí χ^2 -testem jsou shrnuty v tab. III. Obecně je možné konstatovat, že regionální rozdíly v rámci České republiky jsou minimální. Přesto však u některých genů odolnosti existují statisticky průkazné rozdíly mezi regiony. Např. v případě četnosti výskytu virulence odpovídající genu *Pm3a* byla nejnižší frekvence zjištěna v západních částech republiky, zatímco směrem na východ se zvyšuje. Podobný, avšak nižší a statisticky neprůkazný gradient byl zaznamenán i v případě virulence odpovídající genu *Pm8*. U virulence odpovídající genu odolnosti *Pm2* a kombinaci *Pm2+6* byly nejvyšší frekvence výskytu zaznamenány v severozápadní části Moravy. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny u virulence ke kombinaci genů *Pm9+2+1*, avšak regionální rozložení je velmi nepravidelné. Geografické rozložení četností virulence ke genům odolnosti, významným z hlediska pěstitelského, je znázorněno na obr. 2.

Komplexitu izolátů z populace České republiky charakterizuje obr. 3. Průměrný počet genů virulence na jeden izolát činí 5,8. Nejnižší komplexita byla zjištěna opět v západních částech republiky.

Populace padlí travního je velmi variabilní. Celkem bylo nalezeno 156 patotypů lišících se jedním a více geny virulence. Nejrozšířenějším v ČR je patotyp 3.4.7.0 (označení tripletkódem – Limpert, Müller, 1994), virulentní ke genům odolnosti *Pm1*, *Pm2*, *Pm5*, *Pm2+6*, *Pm7* a *Pm8*. Tento patotyp je avirulentní pouze vůči genům odolnosti *Pm3a*, *Pm3b*, *Pm4b*, *Mld+mlha* a kombinaci *Pm9+2+1*.

Závislost v regionálním rozložení mezi jednotlivými geny virulence byla zjišťována pomocí korelační analýzy. Korelační koeficienty jsou uvedeny v tab. IV. Je zřejmé, že u většiny virulencí neexistuje závislost. Průkazná závislost byla zjištěna mezi virulencí ke genu *Pm2* a kombinaci *Pm2+6*.

Vyhodnocení četností virulence pro kombinace genů využívané v sortimentu našich odrůd shrnuje tab. V. Nejnižší frekvence výskytu byla zjištěna pro kombinace *Pm2+6+4b*, *Pm2+4b* a *Pm4b+5*. V tabulce jsou dále uvedeny



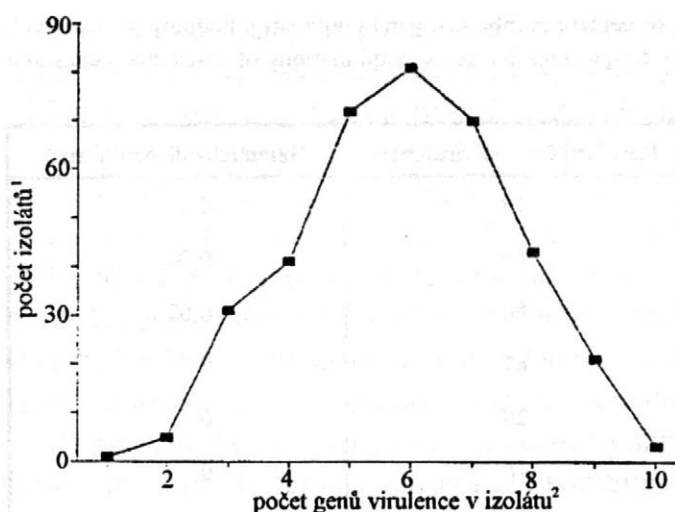
2. Rozložení četnosti virulence k nejvýznamnějším genům odolnosti (*Pm2*, *Pm4b*, *Pm2+6* a *Pm8*) v oblastech ČR – Frequency distribution of the virulence to the most important resistance genes (*Pm2*, *Pm4b*, *Pm2+6* a *Pm8*) in regions of CR

III. Vyhodnocení regionálních rozdílů v četnosti virulence χ^2 -testem – Evaluation of regional differences in virulence frequency using a χ^2 -test

Gen odolnosti ¹	Hladina průkaznosti ²	Trasa odchyty ³								
		A	B	C+D	E+F+G	H+P	I+J	K	L	M+N+O
<i>Pm1</i>	0,87	2,04*	0,45	0,31	0,45	0,37	0,01	0,07	0,03	0,08
<i>Pm2</i>	0,99	0,21	0,48	0,11	0,3	0,02	0,43	0	0,1	0,11
<i>Pm3a</i>	0,61	0,31	1,07*	2,95*	1,35*	0,04	0,06	0	0,41	0,18
<i>Pm3b</i>	0,89	0,4	0,58	0,77	0,01	0,03	0,05	0,13	1,29*	0,34
<i>Pm4b</i>	0,68	0,33	0,08	2,25*	0,04	0,08	0,06	2,51*	0,19	0,25
<i>Pm5</i>	0,7	4,27*	0,05	0	0,02	0,04	0,79*	0,01	0,15	0,2
<i>Pm2, 6</i>	0,93	0,1	1,07*	0,6	0,24	0,03	0,21	0	0,64	0,21
<i>Pm7</i>	0,99	0,01	0,14	0	0	0,09	0,1	0,12	0,06	0,85
<i>Pm8</i>	0,99	0,07	0,02	0,01	0,13	0,02	0,03	0,02	0	0,02
<i>Pm9, 2, 1</i>	0,36	1,91*	0,24	1,3*	0	0,73*	1,12*	0	3,34*	0,08
<i>Mld+mlha</i>	1	0	0,02	0,05	0,16	0	0,07	0,45	0,01	0,05

*průkaznost rozdílů – significance of differences

¹resistance gene; ²significance point; ³route of trapping



3. Rozložení četnosti izolátů padlí podle komplexity – Frequency distribution of powdery mildew isolates depending on complexity

¹ number of isolates; ² number of virulence genes per isolate

hodnoty gametických disequilibrií. Kladné odchylky předpokládají souběžně probíhající selekci ke dvěma genům odolnosti, naopak záporné odchylky jsou známkou především oddělené selekce ke každému genu odolnosti zvlášť. U většiny kombinací využívaných v našich odrůdách jsou však tyto odchylky velmi malé a pouze pro kombinace genů *Pm2+1* a *Pm2+5* přesahují 1 %.

IV. Korelační koeficienty pro virulence k jednotlivým genům odolnosti – Correlation coefficients for virulences to individual resistance genes

	<i>Pm9, 2, 1</i>	<i>Pm7</i>	<i>Pm2, 6</i>	<i>Pm3a</i>	<i>Pm3b</i>	<i>Pm5</i>	<i>Pm4b</i>	<i>Pm1</i>	<i>Pm2</i>
<i>Pm8</i>	0,26	-0,15	0,41	0,6	-0,34	0,07	0,24	-0,42	0,53
<i>Pm2</i>	0,44	0,43	0,84**	0,63	-0,11	0,09	0,21	0,13	
<i>Pm1</i>	0,59	0,16	0,35	-0,01	0,07	-0,48	0,29		
<i>Pm4b</i>	0,37	0,04	0,49	0,4	-0,41	-0,16			
<i>Pm5</i>	-0,02	-0,31	-0,02	0,36	-0,48,				
<i>Pm3b</i>	-0,21	0,59	-0,03	-0,67*					
<i>Pm3a</i>	0,42	-0,24	0,62						
<i>Pm2</i>	0,68	0,4							

* (**) průkaznost — significance $P = 0.05$ (0.01)

V. Relativní četnosti virulence pro některé kombinace genů odolnosti a hodnoty gametických disequilibrií – Relative virulence frequencies for some combinations of resistance genes and values of gametic disequilibria

Kombinace genů odolnosti ¹	Relativní četnost virulence ²	Gametická disequilibria ³
<i>Pm2</i> , 4b	13	-0,01
<i>Pm2</i> , 1	50	0,04
<i>Pm2</i> , 5	56	0,02
<i>Pm2</i> , 8	67	0
<i>Pm4b</i> , 8	20	0
<i>Pm4b</i> , 5	16	0
<i>Pm2</i> , 6, 4b	11	0

¹ combinations of resistance genes; ² relative virulence frequency; ³ gametic disequilibria

DISKUSE

Efektivnost genů rezistence závisí na frekvenci odpovídajících virulencí v regionální populaci patogena. Felsenstein et al. (1992) sledovali v průběhu čtyř let změny ve frekvenci virulence ke kombinaci genů odolnosti *Pm2*+4b+8 a průběh napadení u odrůdy Apollo s touto kombinovanou odolností. Na základě nárůstu virulence a poklesu efektivnosti v polních podmínkách časnějším dosažením prahových hodnot pro fungicidní ošetření byla stanovena tato klasifikace efektivity kvalitativní rezistence:

Skupina	Frekvence virulence	Efektivita rezistence
I.	< 10 %	velmi dobrý ochranný účinek
II.	10–25 %	dobrý ochranný účinek (epidemie může v polních podmínkách dosáhnout úrovně pro jedno fungicidní ošetření)
III.	26–50 %	redukovaný, ale prokazatelný ochranný účinek
IV.	> 50%	nízký nebo neprokazatelný ochranný účinek

Z tohoto pohledu je populace padlí na pšenici na území České republiky velmi dobře přizpůsobena odolností využívaným v našich odrůdách a jejich efektivnost je ve většině případů nízká. Rezistence k padlí travního je v českých a slovenských odrůdách založena na genech *Pm2*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm6* a *Pm8* ať již jednotlivě, nebo zejména v různých kombinacích těchto genů (Bartoš, Hanušová, 1993). Do první skupiny efektivnosti s velmi dobrým ochranným účinkem není možné zařadit ani jediný gen odolnosti ze sledovaného souboru odolností. Do druhé skupiny spadají geny odolnosti *Pm4b*, *Pm3b* a sledovaná kombinace *Pm9+2+1*. U zbývajících sledovaných genů odolnosti je možné předpokládat pouze redukovaný ochranný účinek.

Z pohledu kombinací genů odolnosti využívaných v našich odrůdách dosahují nejnižší četnosti virulence kombinace *Pm2+4b+6*, *Pm2+4b+8* a *Pm2+4b*, jejichž efektivnost se pohybuje těsně nad hranicí první skupiny a kombinace *Pm4b+5* a *Pm4b+8*, u nichž je efektivnost založena především na přítomnosti genu *Pm4b*. Do třetí skupiny efektivnosti rezistence patří pouze odolnosti u nás nevyužívané – *Pm3a* a *Mld+mlha*. Z praktického pohledu je možné s dlouhodobější efektivností rezistence počítat pouze u kombinace *Pm2+4b+6*.

Regionální vzorky populací jsou ovlivňovány rozšířením odrůd, ale do značné míry i šířením patogena větrem. Typickým příkladem je vliv britské populace na západní pobřeží Evropy co se týče virulence odpovídající genu *Pm2* a vliv padlí z východní Evropy na frekvenci virulence odpovídající genu *Pm8* především na populaci v západním Německu a sousedních zemích (Felsenstein et al., 1991).

Četnosti virulence k jednotlivým genům odolnosti jsou ovšem v České republice obdobné jako v okolních zemích. Švec et al. (1993) studovali distribuci genů virulence v populaci padlí travního na pšenici čtyř slovenských regionů a tří regionů maďarských. Geny odolnosti *Pm5*, *Pm8* a *Ml-i* byly ve všech sledovaných oblastech překonány. Rezistence podmíněná geny *Pm1*, *Pm2* a kombinací genů *Pm2+6* zajišťuje ochranu pouze proti části patotypů populace padlí. Naopak četnost virulence odpovídající genu odolnosti *Pm4b* byla velmi nízká. Celkově byly rozdíly mezi jednotlivými regiony velmi nízké. Podobné výsledky byly zjištěny i ve švýcarské populaci padlí travního na pšenici (Winzeler et al., 1991).

Rovněž výsledky průzkumu virulence na území České republiky jsou velmi jednotné. To je dáno i malými vzdálenostmi mezi regiony, v důsledku

čehož jsou oblastní rozdíly vzniklé odlišnými selekčními podmínkami překrývány migračními vlivy. Přesto však u některých genů odolnosti existují statisticky průkazné rozdíly mezi sledovanými oblastmi. Například v případě virulence odpovídající genu *Pm3a* byla nejnižší četnost výskytu zjištěna v západních částech republiky, zatímco směrem na východ se zvyšuje. Tento gradient byl zjištěn i v oblastech západní Evropy (Felsenstein, osobní sdělení) a je pravděpodobně vyvolán dřívějším pěstováním krajových odrůd obsahujících gen rezistence *Pm3a* ve východních zemích Evropy. Podobné, avšak statisticky neprůkazné rozložení populace bylo zaznamenáno i v případě virulence odpovídající genu *Pm8*. Tyto rozdíly v populaci však mají kratší historii. Pěstováním odrůd s přítomným genem *Pm8* na východě Evropy došlo v posledních letech k rychlému nárůstu četnosti virulence, který pak ovlivnil i populace v Německu a ostatních západních zemích (Felsenstein et al., 1991). Nejvyšší frekvence virulence odpovídající genu odolnosti *Pm2* a kombinaci *Pm2+6* v severozápadní části Moravy je možným důsledkem vyššího zastoupení odrůd s těmito geny v tomto regionu. Vysoké četnosti virulence, nízký počet využívaných genů odolnosti, vysoká komplexita a variabilita patogena znesnadňují možnosti diverzifikace pěstovaných odrůd ozimé pšenice, případně pěstování odrůdových směsí. Hlavní směr šlechtění v dalším období by měl spočívat ve využívání nových zdrojů odolnosti a sledování a využití nespecifické odolnosti.

Literatura

- BARTOŠ, P. – HANUŠOVÁ, R.: Genes for resistance to rusts and powdery mildew in Czech and Slovak wheat cultivars. *Poľnohospodárstvo*, 39, 1993: 287–291.
- DREISEITL, A. – SCHWARZBACH, E.: Složení populace padlí travního na ječmeni na střední Moravě v roce 1992. *Rostl. Výr.*, 40, 1994: 545–554.
- FELSENSTEIN, F. G. – LIMPET, E. – FISCHBECK, G.: Wheat mildew populations in the FRG and neighbouring regions, 1986–1988 – some aspects of their change. In: JOERGENSEN H. J. (Ed.): *Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change*. Roskilde, Denmark, Risoe National Laboratory 1991.
- FELSENSTEIN, F. G. – VEREET, J. A. – FISCHBECK, G.: Qualitative and quantitative aspects of a regional wheat mildew population. In: *Cereal Rusts and Mildews. Proc. Eighth European and Mediterranean Cereal Rusts and Mildews Conf.* Weihenstephan Vortr. Pfl.-Zücht., 24, 1992: 159–161.

HOVMOELLER, M. S. – OESTERGÅRD, H.: Modelling the dynamics of virulence genotype frequencies in barley powdery mildew populations in relation to selection and recombination. In: JOERGENSEN H. J. (Ed.): Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change. Roskilde, Denmark, Risoe National Laboratory 1991.

LIMPERT, E. – MÜLLER, K.: Designation of pathotypes of plant pathogens. J. Phytopathol., 40, 1994: 346–358.

SCHWARZBACH, E.: A high throughput jet trap for collecting mildew spores on living leaves. Phytopath. Z., 94, 1979: 165–171.

ŠVEC, M. – MIKLOVIČOVÁ, M. – SÝKORA, M.: Virulence analysis of wheat powdery mildew population (*Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*) from the region of Slovakia and Hungary. Folia Microbiol., 38, 1993: 497–500.

WINZELER, M. – STRECKEISEN, P. – FRIED, P. M.: Virulence analysis of the wheat powdery mildew population in Switzerland between 1980 and 1989. In: JOERGENSEN H. J. (Ed.): Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change. Roskilde, Denmark, Risoe National Laboratory 1991: 15–21.

Došlo 9. 3. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Karel Klem, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.,
Havlíčkova 2787, 767 01 Kroměříž, Česká republika,
tel.: 0634/426 135, fax: 0634/227 25

Ústav zemědělských a potravinářských informací

vydal

ZAHRADNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK

Slovník je koncipován jako moderní odborná encyklopedie všech oborů zahradnictví, tj. ovocnářství, zelinářství, květinářství, sadovnictví, školkařství, vinařství, pěstování léčivých a aromatických rostlin, kultivovaných hub, zpracování ovoce a zeleniny i tropického a subtropického zahradnictví.

V jednotlivých přehledných a srozumitelných heslech jsou shrnuty současné poznatky nejen z oblasti zahradnictví, ale i z oblastí vědních oborů, které jsou zdrojem pokroku v zahradnictví.

Ve slovníku jsou vysvětleny nejzávažnější pojmy užívané v botanice, fyziologii, genetice a šlechtění, biotechnologii a ochraně rostlin. Tím se slovník stává potřebnou pomůckou každému, kdo pracuje s odbornou nebo vědeckou literaturou. S velkou zodpovědností jsou ve slovníku uvedeny platné vědecké i české názvy rostlin, jejich botanické členění i autoři názvů, což umožňuje napravit časté nepřesnosti uváděné v naší odborné literatuře.

Předpokládaný rozsah slovníku bude 5 dílů formátu A4 (každý rok vyjde jeden díl). První díl má 440 stran textu včetně pérovek a černobílých fotografií a 32 barevných tabulí.

Cena prvního dílu je 295 Kč (bez poštovného).

Závazné objednávky zasílejte na adresu:

Ústav zemědělských a potravinářských informací

Encyklopedická kancelář

Slezská 7

120 56 Praha 2

**ELEKTROFORETICKÁ SPEKTRA ESTERAS
A KYSELÝCH FOSFATAS ZRNA POVOLENÝCH ODRŮD
JEČMENE SETÉHO (*Hordeum vulgare* L.)**

**Electrophoretic Patterns of Esterases and Acid Phosphatases in Grains
of Registered Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars**

Světлана SÝKOROVÁ

Research Institute of Plant Production, Prague, Czech Republic

Abstract: Barley grain esterase and acid phosphatase isoenzyme patterns were used as protein markers for more exact identification and characterization of Czech barley cultivars (or hordein lines), especially in such cases when grain storage proteins (hordeins) did not make possible their mutual distinguishing. Six types and one subtype of esterase isoenzyme patterns and two types and two subtypes of acid phosphatase isoenzyme patterns were found in grains of certified barley cultivars of Czech and Slovak origin. The distinguishing of hordein identical barley cultivars was successful except two cultivar groups: Donum–Rubín, Borwina–Kamil–Lunet. The identical results were obtained for esterase isoenzymes by two electrophoresis procedures (modifications) – both in polyacrylamide gel columns and in vertical polyacrylamide gel slab. On the other hand, the detection of acid phosphatase isoenzymes was possible in gel columns only (not in gel slab) because of very low concentration and activity of this enzyme in grain extract.

barley; *Hordeum vulgare* L.; cultivars; identification; electrophoresis; grain; esterases; acid phosphatases

Abstrakt: Elektroforetická spektra enzymových systémů esterasy a kyselých fosfatasy v obilkách byla využita u souboru povolených jarních a ozimých odrůd ječmene setého (*H. vulgare* L.) jako doplňující bílkovinné markery pro přesnější charakteristiku a identifikaci odrůd. Bylo nalezeno šest typů a jeden podtyp spekter esterasy a dva typy a dva podtypy spekter kyselých fosfatasy, pomocí nichž bylo možné lépe rozlišit hordeinově identické skupiny odrůd ječmene. U některých odrůd byla nalezena heterogenita těchto enzymových systémů.

ječmen setý, *Hordeum vulgare* L.; odrůdy; identifikace; elektroforéza; esterasy; kyselé fosfatasy; enzymy

Ječmen je v ČR druhou nejvýznamnější plodinou a má splňovat dva kvalitativně navzájem odlišné požadavky, tj. zabezpečit surovinu pro pivovarsko-sladařský průmysl a přispět ke krmivové základně. Pro export sladu je za současných konkurenčních podmínek nutná záruka kvality doložená analytickými výsledky (Prugar, Hraška, 1989). Velmi důležité je určení odrůdy a její čistoty. Z biochemických charakteristik se kromě bílkovinných markerů – hordeinů, jimiž lze jednoznačně identifikovat cca 80 % odrůd ječmene, používají různé enzymové systémy. Přehled a rozbor prací o isoenzymech ječmene uvádí hlavně s ohledem na jejich genetickou determinaci Brown (1983).

Americké odrůdy ječmene s výrazně různou sladařskou hodnotou, nerozlišitelné morfologicky ani pomocí elektroforézy hordeinů, lze rozlišit analýzou isoenzymů esteras ve čtyřdenních kořenech, obtížněji již v obilkách (Jones, 1987). V naší dřívější práci se podařilo pomocí isoenzymů esteras v kořenech a v obilkách rozlišit navzájem hordeinově totožné československé odrůdy jarního ječmene (Sýkorová, Hadačová, 1992a, b). Identifikaci odrůd jarního ječmene z východní Sibíře pomocí isoenzymů esteras, 6-fosfoglukonátdehydrogenas, aspartátaminotransferas a kyselých fosfatas v mladých listech popsali Zabrodina et al. (1991). Význam této práce spočívá hlavně v tom, že se snaží o genetickou interpretaci pruhů po elektroforéze v polyakrylamidovém gelu, zatímco většina ostatních prací s touto interpretací je na škrobovém gelu (např. Kahler, Allard, 1981 aj.) a polohu pruhů ze škrobového gelu nelze obdobně interpretovat na polyakrylamidovém gelu či na jiném nosiči. Podrobnější literární přehled uvádějí Sýkorová, Hadačová, 1992c).

Cílem práce bylo:

1. analyzovat celý soubor v ČR povolených jarních a ozimých odrůd ječmene setého z hlediska výskytu různých typů elektroforetických spekter esteras a kyselých fosfatas v obilkách;
2. využít této další analytické metody pro přesnější identifikaci odrůdy (genotypu) hlavně v případech, v nichž charakteristika pomocí hordeinů není jednoznačná;
3. porovnat dvě metodická uspořádání elektroforézy v polyakrylamidovém gelu za stejných podmínek, a to ve sloupečcích gelu a ve vertikálních deskách (plotnách) gelu.

MATERIÁL A METODY

Byly analyzovány obilky 25 jarních a 10 ozimých odrůd ječmene setého povolených k pěstování v ČR, dodaných ÚKZÚZ ze sklizně 1993. Jejich původní označení v SOP, případně zahraniční původ uvádějí Šašek et al. (1994). Pro elektroforetické analýzy enzymů byly použity ramšové vzorky osiv.

Elektroforetická separace enzymů byla provedena:

- a) v 70mm sloupečcích 7,5% polyakrylamidového gelu s 0,042M Tris-HCl při pH 8,9;
- b) ve vertikálních plotnách gelu téhož složení o rozměrech 11 x 25 x 0,2 cm (Jones, 1987) – jedná se o modifikaci původní metody elektroforézy v polyakrylamidovém gelu v alkalickém prostředí (Davis, 1964). Ve sloupečcích byla analyzována 2 zrna a na plotnách dalších 6–12 zrn každé odrůdy.

Pro extrakci enzymů byl použit 0,1M Na-acetátový pufr o pH 5,0 s 10 % glycerolu (Jones, 1987), 0,4 resp. 0,2 ml na jedno zrno. Extrakce probíhala přes noc v lednici. Po centrifugaci při 12 000 ot/min bylo ke 200 µl extraktu přidáno 5 µl vzorkového pufru (0,25M Tris-HCl pH 6,8; 0,29M sacharosa a 0,2 mg.ml⁻¹ bromfenolové modři). Takto upravený vzorek byl aplikován na gel (200µl/trubičku, 30 µl na jamku). Všechny operace byly prováděny při +4 °C.

Elektrodový pufr byl 0,025M Tris a 0,19M glycin při pH 8,3 (Jones, 1987). Hodnoty pH 8,3 u elektrodového pufru bylo dosaženo přidavkem HCl.

Elektroforéza probíhala:

- a) při 4 mA/trubičku přibližně 3 hodiny (barevný marker dosáhl vzdálenosti 0,5 cm konce gelu);
- b) při 100 mA na 2 plotny gelu v přístroji Desaphor VA 150 (Desaga, SRN) při odpovídajícím napětí a výkonu tak dlouho, dokud barevný marker nedosáhl vzdálenosti 0,5 cm od konce gelu.

Teplota během elektroforézy nesměla převýšit +8 °C (Sýkorová, Hadačová, 1992a).

Isoenzymy esteras byly detekovány v 0,1M Na-fosfátovém pufru o pH 6,4 obsahujícím 0,1% Fast Blue RR a 0,02% 1-naftylacetát rozpuštěné předem každý zvlášť v 1 ml dimethylformamidu a potom smíseny s pufrem. Detekční

činidlo bylo připravováno vždy bezprostředně před použitím. Inkubace ve tmě při pokojové teplotě trvala 30 minut. Gely byly fixovány a uchovávány v 7% kyselině octové (Sýkorová, Hadačová, 1992a).

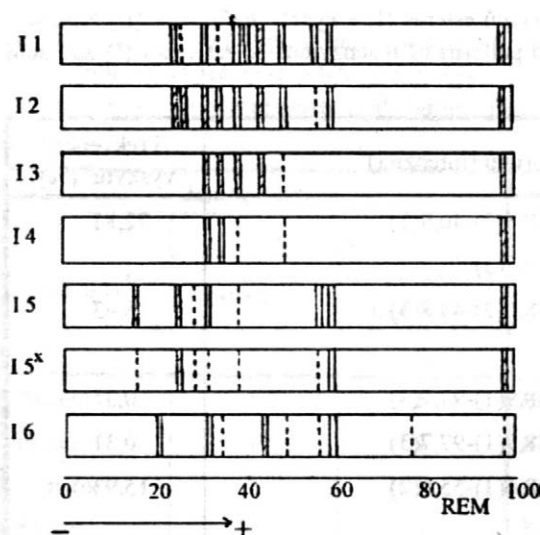
Isoenzymy kyselých fosfatas byly detekovány v 0,1M Na-acetátovém pufru o pH 5,0, obsahujícím 0,1% Fast Garnet GBC salt a 0,02% 1-naftylfosfátmonosodnou sůl, rozpuštěné předem každý zvlášť v 1 ml dimethylformamidu a potom smíseny s pufrům. Ke 100 ml detekčního roztoku byl přidán 1 ml 1M $MgCl_2$. Detekční činidlo bylo připravováno vždy bezprostředně před použitím. Inkubace v temperované vodní lázni při 37 °C trvala dvě hodiny při občasném protřepávání. Gely byly fixovány a uchovávány v 7% kyselině octové (Vallejos, 1983).

Hodnoty REM (relativní elektroforetická mobilita) jednotlivých pruhů byly vztaženy k referenčnímu pruhu bromfenolové modři (čelu), jehož REM = 100. Intenzita zbarvení pruhů byla klasifikována vzestupně pětistupňovou škálou (1–5). Grafické znázornění: 1 – čárkovaně, 2 – nevykryto, 3 – řídké šrafování, 4 – husté šrafování, 5 – plné vykrytí (Sýkorová, Hadačová, 1992a).

Elektroforetická spektra esteras byla označena I, kyselých fosfatas II, arabskými číslicemi byly potom označeny jednotlivé typy spekter v rámci systému. Typ spektra označený hvězdičkou (tzv. podtyp) představuje pouze kvantitativní modifikaci základního typu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Ve sledovaném souboru odrůd ječmene bylo v obilkách nalezeno 6 typů a 1 podtyp elektroforetických spekter esteras I 1, I 2, I 3, I 4, I 5, I 5* a I 6 a 2 typy a 2 podtypy elektroforetických spekter kyselých fosfatas II 1, II 1*, II 2 a II 2*. Obr. 1 a 2 uvádějí schémata elektroforeogramů jednotlivých typů spekter obou systémů. Charakteristiky jednotlivých typů spekter zahrnující REM, intenzitu zbarvení jednotlivých pruhů a frekvenci výskytu příslušného typu ve studovaném souboru jsou uvedeny v tab. I. Nejčastěji se vyskytují typy I 1 (72,8 %), I 5 (15,9 %), I 2 (8,4 %), II 1 (61,1 %), II 2 (23,7 %) a II 2* (8,3 %). Přehled typů souborů isoenzymů esteras a kyselých fosfatas nalezených u jednotlivých hodnocených odrůd ječmene uvádí tab. II. Z hodnocených 25 jarních odrůd ječmene byl více než jeden typ spektra esteras nalezen u odrůd: Forum, Heran, Ladik, Malvaz, Novum a Stabil. Odrůdy Ju-



1. Schémata elektroforeogramů jednotlivých typů a podtypů spekter isoenzymů esteras zrna ječmene setého – Diagrams of electrophoreogram of different types and subtypes of esterase isoenzyme patterns of barley grain

bilant a Mars byly heterogenní z hlediska typů spektra kyselých fosfatas (tab. II).

Z 10 hodnocených ozimých odrůd ječmene byly heterogenní ve skladě isoenzymů esteras odrůdy Kamil, Kromoz, Lunet, Sorna a dvouřadá odrůda Marinka. Ozimé odrůdy Borwina, Kromoz, Lunet a Sorna se jevily heterogenní z hlediska typů souborů isoenzymů kyselých fosfatas (tab. II).

Šašek et al. (1990, 1995) uvádějí hordeinově totožné odrůdy (genotypy) v souboru domácích povolených odrůd ječmene. V těchto případech lze využít právě polymorfismu enzymových systémů jako dalšího markeru pro přesnější identifikaci genotypu:

- Jako příklad dobrého rozlišení pomocí isoenzymů esteras je možné uvést dvojici odrůd Bonus a Profit, u nichž je typ spektra esteras výrazně odlišný (I 1 a I 5 – obr. 1), typ spektra kyselých fosfatas je však u obou odrůd totožný (II 1).
- Trojici odrůd Akcent, Horal a Sladko nelze rozlišit na základě typu spektra esteras, které je u nich totožné (I 1), ale lze tak částečně učinit s využitím typu spektra kyselých fosfatas, kdy odrůdy Akcent a Horal vykazují typ II 2* a Sladko typ II 1.
- Stejně tak jako v předchozím případě je tomu i u trojice odrůd Heran, Perun a Svit, z nichž odrůda Heran vykazuje 2 typy spektra esteras (I 2 a I 3) a odrůdy Svit a Perun shodný typ I 1, na základě rozdílností typů spekter kyselých fosfatas je však lze rozdělit na dvojici Heran a Svit (II 1) a odrůdu Perun (II 2).

I. Charakteristika etalonových spekter isoenzymů esteras (I) a kyselých fosfatas (II) zrna ječmene – Characteristics of reference standard patterns of isoenzymes of esterases (I) and acid phosphatases (II) of barley grain

Typ spektra ¹	REM jednotlivých pruhů (intenzita) ²	Frekvence výskytu ³ (%)
I 1	24,8(2)–26,3(1)–32,1(2)–35,0(1)–38,6(2)–40,9(2) 43,8(3)–48,9(2)–55,8(2)–59,1(2)–97,7(3)	72,81
I 2	24,8(3)–25,3(3)–32,1(3)–35,0(3)–38,6(2)–43,8(3) 48,9(2)–55,8(1)–59,1(2)–97,7(3)	8,43
I 3	32,1(3)–35,0(3)–38,6(3)–43,8(3)–48,9(1)–97,7(3)	0,31
I 4	32,1(2)–35,0(2)–38,6(1)–40,9(2)–48,9(1)–97,7(3)	0,31
I 5	16,0(3)–24,8(3)–29,0(1)–32,1(2)–38,6(1)–55,8(2) 59,1(2)–97,7(3)	15,93
I 5 ^x	16,0(1)–24,8(3)–29,0(1)–32,1(1)–38,6(1)–55,8(1)–59,1(2)–97,7(3)	0,31
I 6	20,4(2)–32,1(2)–35,0(1)–40,9(1)–43,8(3)–48,9(1) 55,8(1)–59,1(2)–76,4(1)–97,7(1)	1,87
II 1	22,0(2)–52,3(1)–57,6(3)–62,9(1)–76,5(1)–93,9(1)	61,10
II 1 ^x	22,0(2)–52,3(1)–57,6(1)	6,90
II 2	52,3(1)–57,3(1)	23,70
II 2 ^x	52,3(1)–57,3(3)	8,30

¹type of pattern; ²REM of different bands (intensity); ³frequency of occurrence

d) Hordeinově totožné odrůdy Jaspis a Orbit nelze rozlišit na základě typu spektra esteras v znu, lze je však dobře rozlišit pomocí typu spektra kyselých fosfatas (II 1 a II 2).

e) Trojice odrůd Korál, Krystal a Novum není rozlišitelná na základě typů spektra isoenzymů esteras v znu, navíc odrůda Novum je heterogenní z tohoto hlediska a typ spektra I 1 a I 2 je vysoce podobný (obr. 1). Na základě typů spekter kyselých fosfatas lze odlišit odrůdu Korál (II 2) od dvojice Krystal a Novum (II 1).

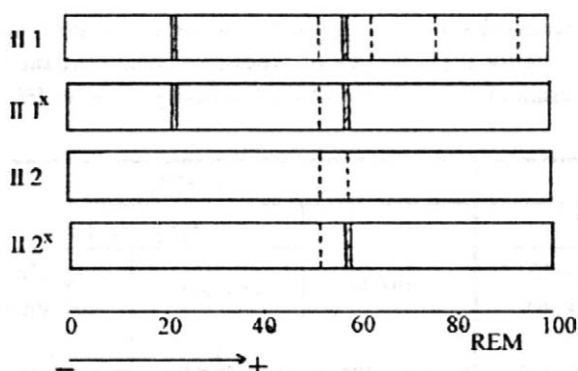
Obtížná rozlišitelnost dvou posledně uvedených skupin odrůd (d, e) byla zjištěna již v naší dřívější práci (Sýkorová, Hadačová, 1992b), v níž byla využita kromě spekter esteras v znu také spektra esteras čtyřdenních kořenů, která umožnila rozlišení, avšak přesto spektra vykazovala poměrně vysokou hodnotu indexů podobnosti. Použití isoenzymů extrahovaných

II. Přehled zjištěných typů spekter isoenzymů esterasy a kyselých fosfatasy v zrně povoleného sortimentu odrůd ječmene setého (*H. vulgare* L.) – Survey of types of isoenzyme pattern of esterases and acid phosphatases in the grain of approved assortment of barley varieties (*H. vulgare* L.)

Jarní odrůdy ¹			Ozimé odrůdy ²		
Odrůda ³	typy spekter ⁴		Odrůda	typy spekter	
	esterasy ⁵	kyselé fosfatasy ⁶		esterasy	kyselé fosfatasy
Akcent	1	2 ^x	Borwina	1	2, 2 ^x
Bonus	1	1	Kamil	1, 2	1
Donum	1	1	Kompolti 4	1	2
Forum	5, 1	1	Kromoz	1, 2	1, 2
Galan	5	2 ^x	Lunet	1, 4, 6	1, 2
Heran	2, 3	1	Nebelia	1	1
Horal	1	2	Okal	5	1
Jarek	1	2	Sigra	5	1
Jaspis	1	1 ^x	Sorna	5, 5 ^x	1, 2 ^x
Jubilant	1	1 ^x , 2 ^x	Márinka (dvouřadá odrůda ⁷)	1, 6	1
Korál	1	2			
Kredit	1	1 ^x			
Krystal	2	1			
Ladik	1, 6	1			
Malvaz	1, 6	1			
Novum	1, 2	1			
Orbit	1	2			
Perun	1	2			
Profit	5	1			
Rubin	1	1			
Sladko	1	1			
Stabil	1, 2	1			
Svit	1	1			
Terno	1	1			
Mars	1	1, 2			

¹spring varieties; ²winter varieties; ³variety; ⁴types of pattern; ⁵esterases; ⁶acid phosphatases;

⁷two-rowed variety



2. Schémata elektroforeogramů jednotlivých typů a podtypů spekter isoenzymů kyselých fosfatas zrna ječmene setého—
Diagrams of electrophoreograms of different types and subtypes of esterase isoenzyme patterns of barley grain

např. z listů nebo kořenů může v některých případech pomoci k řešení problému rozlišitelnosti blízkých genotypů, příprava materiálu (kultivace) a extraktů je však pracovně a metodicky náročnější než u zrn a není proto příliš vhodná pro rutinní analýzy.

- f) Dvojici odrůd Rubín a Donum (hordeinová linie A) nelze rozlišit na základě typu spekter ani jednoho z použitých enzymových systémů. Pro tuto dvojici odrůd bude třeba zjistit, zda by k cíli vedlo použití těchto enzymů z listů nebo kořenů, případně jiný enzymový systém.
- g) Ozimé odrůdy Borwina, Kamil a Lunet jsou všechny heterogenní v uvedených enzymových systémech a nelze je proto spolehlivě rozlišit.
- h) Ozimé odrůdy Kromoz, Nebelia, Okal a Siga lze na základě typů spekter isoenzymů esteras rozlišit na dvě skupiny – odrůdy Kromoz a Nebelia (I 1, příp. I 2) a odrůdy Okal a Siga (I 5). Isoenzymy kyselých fosfatas další rozlišení neumožňují.
- i) Ozimá odrůda Sorna (hordeinová linie A) a dvouřadá ozimá odrůda Marinka jsou hordeinově identické, odrůda Sorna vykazuje převážně spektrum esteras I 5 a odrůda Marinka I 1, příp. I 6, což umožňuje jejich dobré rozlišení.

Při použití dvou metodických uspořádání elektroforézy (sloupečky, plotny gelu) byly oběma postupy při separaci isoenzymů esteras získány identické výsledky. Pro uspořádání v plotnách bylo však třeba připravit extrakty dvojnásobně koncentrované (0,2 ml extrakčního roztoku na jedno zrn), neboť objem aplikovaného vzorku byl limitován rozměry jamek vytvořených „hřebenem“ v gelu (30 μ l), zatímco na sloupečky gelu bylo možné aplikovat až 200 μ l extraktu. Použití ploten gelu je expeditivnější a umožňuje snadnější porovnání jednotlivých spekter.

U kyselých fosfatas bylo zjištěno, že spektrum v obilkách ječmene se skládá z pruhů o velmi nízké intenzitě a je poměrně jednoduché. Na plotně gelu nebylo možné detekovat pruhy kyselých fosfatas, pravděpodobně pro jejich velmi nízkou koncentraci v suché obilce a tedy i v extraktu při objemu, který lze na gel aplikovat (30 μ l). I při dvojnásobném zkoncentrování extraktu byl výsledek detekce isoenzymů kyselých fosfatas na deskách gelu negativní. Proto údaje (tab. I a II, obr. 2) zahrnují pro systém kyselých fosfatas pouze výsledky elektroforetických analýz na sloupečcích polyakrylamidového gelu.

Dále bylo ověřeno, že přidání iontů Mg^{2+} k inkubačnímu médiu pro detekci kyselých fosfatas je nezbytné, neboť v médiu bez Mg^{2+} byla detekce isoenzymů kyselých fosfatas zrna ječmene negativní.

ZÁVĚR

Z uvedených výsledků je zřejmé, že enzymové systémy esteras a kyselých fosfatas jsou využitelné u ječmene jako doplňující bílkovinné markery pro přesnější identifikaci a charakteristiku jednotlivých odrůd či genotypů zvláště v případech, kdy zásobní bílkoviny zrna – hordeiny – neumožňují jejich vzájemné rozlišení. Pomocí rutinně využitelné elektroforézy enzymových systémů esteras a kyselých fosfatas v obilkách ječmene se rozlišení až na dvě výjimky (Donum–Rubín, Borwina–Kamil–Lunet) podařilo.

Při srovnávání dvou metodických postupů elektroforézy – ve sloupečcích a v plotnách polyakrylamidového gelu – byly oběma postupy u esteras získány identické výsledky, zatímco u kyselých fosfatas nebylo možné detekovat v plotnách gelu isoenzymy pro jejich velmi nízkou koncentraci a aktivitu v extraktu zrna.

U systému kyselých fosfatas zrna ječmene byla ověřena nezbytnost přidavku Mg^{2+} do detekčního roztoku.

Literatura

- BROWN, A. H. D.: Barley. In: TANKSLEY, S. D. – ORTON, T. J. (Eds): Isozymes in plant genetics and breeding. Amsterdam. Part B. Elsevier Science Publ. B. V., 1983: 57–77.
- DAVIS, D. J.: Disc electrophoresis. I. Method and application to human serum protein. Ann. N. Y. Acad. Sci., 121, 1964: 404–427.

JONES, B. L.: Identifying United States malting barley varieties. In: Biochemical identification of varieties. Mat. III. Int. Symp. ISTA, Leningrad, USSR, 1987: 195–199.

KAHLER, A. L. – ALLARD, R. W.: Worldwide patterns of genetic variation among four esterase loci in barley (*Hordeum vulgare* L.). Theor. Appl. Genet., 59, 1981: 101–111.

PRUGAR, J. – HRAŠKA, Š.: Kvalita jačmeňa. Bratislava, Príroda 1989.

SÝKOROVÁ, S. – HADAČOVÁ, V.: Methodical notes to the use of esterase isoenzyme in characterization of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. Scientia Agric. bohemoslov., 24, 1992a: 15–28.

SÝKOROVÁ, S. – HADAČOVÁ, V.: Characterization of some Czechoslovak cultivars of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) by means of esterase isoenzymes. Scientia Agric. bohemoslov., 24, 1992b: 189–206.

SÝKOROVÁ, S. – HADAČOVÁ, V.: Využití isoenzymů pro určování některých hospodářsky důležitých druhů a jejich kultivarů. Rostl. Výr., 38, 1992c: 861–875.

ŠAŠEK, A. – ČERNÝ, J. – NECVETAJEV, V. P. – BRADOVÁ, J.: A catalogue of electrophoretic hordein spectra of Czechoslovak certified spring barley varieties. Scientia Agric. bohemoslov., 22, 1990: 1–10.

ŠAŠEK, A. – BRADOVÁ, J. – ČERNÝ, J.: Hordeinové signální geny povolených českých a slovenských odrůd ječmene setého (*Hordeum vulgare* L.). Potravn. Vědy, 13, 1995:

VALLEJOS, E.: Enzyme activity staining. In: TANKSLEY, S. D. – ORTON, T. J. (Eds): Isozymes in plant genetics and breeding. Amsterdam, Part A, Elsevier Science Publ. B. V., 1983: 469–516.

ZABRODINA, M. V. – ORLOVA, M. J. – SURIN, N. A. – CHAVKIN, E. E. – BORISOV, J. M.: Izofermentnyje spektry vostočnosibirskich sortov jarovogo jačmenja. Dokl. VASCHNIL, 1991, No. 2: 2–5.

Došlo 29. 11. 1994

Kontaktní adresa:

Mgr. Světlana Sýkorová, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby,
161 06 Praha 6, Česká republika, tel.: 02/3360 851, fax: 02/352 952

AKTUALITY

Analýza variance pomocí „stírání“

Běžné řešení polních pokusů, uspořádaných ve znáhodněných blocích nebo latinském čtverci, je možné do jisté míry zjednodušit, případně použít postup umožňující nahlédnout do charakteru pokusných dat. Jednou z takových možností je řešení opírající se o tzv. stírání.

Soubor je „setřen“, pokud každá z jeho hodnot je redukována odpovídající průměrnou hodnotou. Například v komplexně znáhodněných blocích I–IV byly zkoušeny odrůdy A–E. O komplexně znáhodněné bloky se jedná, je-li v každém z nich varianta (odrůda) jen jednou a je-li v náhodném pořadí. Stírání je možné za předpokladu aditivity, tj. sčítání účinků komponent analýzy variance (to je vlastně předpoklad každé analýzy variance), tj. když se sčítá účinek odrůd, bloků i chyby. Potom tedy má každý pokusný dílec svou vlastní hodnotu chyby, nezávislou na vlivu bloků či variant (odrůd), jak bude patrné z následujícího.

V uvedeném pokusu byly získány tyto údaje:

I	A15	B17	C12	D14	E13
II	D19	E17	A14	B13	C12
III	C13	B16	D15	E15	A14
IV	B18	A15	E14	C14	D16

Nejdříve zjistíme průměrné hodnoty bloků (I 14,2; II 15; III 14,6; IV 15,4) a jimi setřeme původní hodnoty:

I	A 0,8	B 2,8	C -2,2	D -0,2	E -1,2
II	D 4,0	E 2,0	A -1,0	B -2,0	C -3,0
III	C -1,6	B 1,4	D 0,4	E 0,4	A -0,6
IV	B 2,6	A -0,4	E -1,4	C -1,4	D 0,6

Takto získané hodnoty se nazývají „odchylky“ a jejich součet se v každém bloku rovná nule. Odstranili jsme tímto způsobem vliv bloků a uvedené odchylky reprezentují jen vliv variant (odrůd) a pokusné chyby. Součet čtverců těchto odchylek představuje celkový součet čtverců pro analýzu variance (v našem případě 65,2).

Nyní setřeme druhou „vrstvu“, tj. vliv odrůd. Jejich průměrné hodnoty činí A -0,3; B 1,2; C -2,05; D 1,2; E -0,05

I	A 1,1	B 1,6	C -0,15	D -1,4	E -1,15
II	D 2,8	E 2,05	A -0,7	B -3,2	C -0,95
III	C 0,45	B 0,2	D -0,8	E 0,45	A -0,3
IV	B 1,4	A -0,1	E -1,35	C 0,65	D -0,6

Získané hodnoty se nazývají rezidua (zbytky) a jejich součty jak v blocích, tak i ve variantách dávají nulu. Představují jen účinek chyby a součet jejich čtverců (36,5) představuje součet čtverců pro chybu.

Počet stupňů volnosti (df) se stanoví takto: původních 20 údajů bylo seřazeno čtyřmi průměrnými hodnotami, takže na odrůdy a chybu zbývá 16 df . Odrůd bylo 5, $df = 5 - 1 = 4$ a na chybu zbývá 12 df , tj.: (počet odrůd - 1) x (počet bloků - 1) = 4 x 3 = 12.

Tabulka analýzy variance pak je následující:

příčina proměnlivosti	df	SS	MS	F
varianty (odrůdy)	4	28,7	7,18	2,36
chyba	12	36,5	3,04	
celkem (celková vrstva)	16	65,2		

Celkový součet čtverců (SS) pro varianty (odrůdy) je rozdíl mezi celkovou vrstvou a vrstvou pro chybu, tj.: 65,2 - 36,5 = 28,7. Hodnota variance (MS), tj. čtverce průměrné odchylky od průměru, se získá vydělením součtu čtverců počtem stupňů volnosti (df), hodnota F je podíl variance pro odrůdy a variance pro chybu. Variance pro chybu (3,04) se označuje s^2 . Její druhá odmocnina je „standardní chybou pokusu“. Pokud se vyjádří v % z celkového průměru pokusu, jedná se o variační koeficient. Standardní chyba pokusu tedy je 1,74 a variační koeficient 3,04/14,8 = 20,5 %.

Analýza variance sčítáním

Alternativou ke stírání je sčítání, k jehož vysvětlení použijeme stejný příklad:

	A	B	C	D	E	Σ
I	15	17	12	14	13	71
II	14	13	12	19	17	75
III	14	16	13	15	15	73
IV	15	18	14	16	14	77
Σ	58	64	51	64	59	296

Zde se používají čtyři součty: S , S_b , S_v , S_o .

S je součet čtverců všech původních údajů, tj. $15^2 + 14^2 + \dots + 15^2 + 14^2 = 4450$

S_b je součet čtverců pro součty bloků dělený jejich velikostí (tj. počtem původních údajů, jejichž součtem vznikly): $(71^2 + 75^2 + 73^2 + 77^2)/5 = 4384,8$

S_v je součet čtverců pro součty pokusných variant dělený jejich velikostí (tj. počtem původních údajů, jejichž součtem vznikly): $(58^2 + 64^2 + 51^2 + 64^2 + 59^2)/4 = 4409,5$

S_o je celkový součet původních údajů, umocněný na druhou a dělený celkovým počtem původních údajů, jejichž součtem vznikl: $296^2/20 = 4380,8$, je to tzv. korekční údaj

Pak je suma čtverců: pro varianty $S_v - S_o = 28,7$

pro chybu $(S - S_o) - (S_b - S_o) - (S_v - S_o) = S - S_b - S_v + S_o = 36,5$

pro „vrstevní“ (varianty + chyba) $S - S_b = 65,2$.

Poněvadž všechny bloky obsahovaly stejný počet parcel i všechny varianty, mohl se dělit až jejich součet čtverců jejich počtem. Přesně řečeno však se má počítat:

$$S_b = 71^2/5 + 75^2/5 + 73^2/5 + 77^2/5 = 4384,8$$

$$S_v = 58^2/4 + 64^2/4 + 51^2/4 + 64^2/4 + 59^2/4 = 4409,5$$

Stírání však je jednodušší a vhodné pro počítače a umožňuje najít parcely, které nejvíce přispívají k „chybě“ (v našem případě na části pozemku vlevo nahoře viz hodnoty reziduí). Je však složitější pro výpočet, což ale není u počítačů závada. Pochopení jeho principu pak umožní lépe interpretovat získané výsledky i pochopit jiné statistické modely. Rezidua reprezentují tu část pokusné proměnlivosti mezi parcelami, která se nenechá jinak vysvětlit. Je-li pokusná chyba příliš velká, je vhodné zkontrolovat rezidua jednotlivých parcel a lokalizovat je. To pak vyžaduje vysvětlení (špatná experimentální technika, špatná aplikace pokusného vlivu, špatné hodnocení pokusníkem, vliv výchozího materiálu či sousední parcely aj.). Je-li však velké reziduum v jednom opakování, pak se jedná o prvek odlišné kvality půdy a špatně založený pokus, poněvadž mohl být tento vliv eliminován variancí pro bloky.

Uspořádání do sloupců a řad

Někdy však nelze přiřadit všechny rozdíly v poli jen systému bloků. Například na svahu je vhodné blokové uspořádání, aby se mohly rozdíly spojené s rozdílnou úrodností na svahu (hloubka půdy, expozice, spodní voda) vyčlenit v efektu bloků. Rovnoběžně s vrstevnicemi však může působit i např. vliv větru nebo tok spodních pramenů, což by zase naopak vyžadovalo umístění bloků kolmo na vrstevnice. V tom případě je nejvhodnější soustava bloků navzájem se křížujících, známá jako uspořádání do sloupců a řad.

Nejobvyklejší je latinský čtverec, kdy se každá varianta vyskytuje jen jednou v každé řadě a v každém sloupci, např. A B C D

C A D B

B D A C

D C B A

Výsledky získané v takovém pokusu se hodnotí stíráním: nejdříve řady, pak sloupce, a získají se odchylky. Ty se umocní a sečtou a získá se celková vrstva. Pak se seře vliv variant a získají se rezidua, která po umocnění a sečtení dávají součet čtverců pro chybu.

Při sčítání jsou používány tyto údaje:

S je součet čtverců všech původních údajů

S_r je součet čtverců pro součty řad dělený jejich velikostí

S_s je součet čtverců pro součty sloupců dělený jejich velikostí

S_v je součet čtverců pro součty pokusných variant dělený jejich velikostí (tj. počtem údajů, jejichž součtem vznikly)

Součet čtverců pro varianty je (jak již bylo uvedeno) $S_v - S_o$, celkový součet čtverců pro pokusnou vrstvu je $(S - S_o) - (S_r - S_o) - (S_s - S_o)$ a pro chybu hodnota pro pokusnou vrstvu minus hodnota pro varianty.

Je-li r počet řad, s sloupců a v variant, pak je rs počet parcel. Setřetí řad ponechává $(rs - r)$ stupňů volnosti. Další setřetí sloupců ponechává $rs - r - (s - 1) = (r - 1)(s - 1)$ stupňů volnosti pro celkovou vrstvu. Poněvadž je $(v - 1)$ počet stupňů volnosti pro varianty, pak je počet stupňů volnosti pro chybu $(rs - r - s - v + 2)$. V latinském čtverci $r = s = v = k$, takže počet stupňů volnosti pro chybu činí $(k - 1)(k - 2)$. Pro toto uspořádání činí rezidua každé parcely: původní údaj – průměrná hodnota řady – průměrná hodnota sloupce – průměrná hodnota variant + 2 celkové průměrné hodnoty celého pokusu.

Stírání ukazuje, že při analýze variance se předpokládá stejný vliv varianty na kterémkoliv místě (což je předpokladem aditivity), avšak je to nepravděpodobné. Stejně se předpokládá stejný vliv řady na kterémkoliv místě sloupce, a naopak. Probíhá-li však nevyrovnanost přes pokus diagonálně, projeví se to velkou chybou bez zjevného důvodu. Dalším problémem je vznik společné variance pro chybu vzniklé z reziduí, které by proto měly být podmíněny stejnou příčinou. To je také nepravděpodobné, pokud se na pozemku střetává několik příčin proměnlivosti. Proto je vhodné raději uprostřed pokusu vynechat určité místo s odlišnou půdou, které se sice také oseje a sklídí, ale do pokusu se nezapočítá.

Tradiční způsob omezení vlivu lokální variability je rozdělení pozemku do bloků tak, že hlavní rozdíly leží mezi nimi. Pak je každý blok poměrně uniformní a variance pro pokusné bloky významná, což se projeví uniformitou každého bloku. To se však snadněji doporučí než udělat. Je-li totiž např. pozemek nevyrovnaný, ale není patrné kde, pak mohou bloky spíše škodit, poněvadž jejich hranice mohou být kolmo na hladinu úrodnosti půdy, a pak je v každém bloku zahrnuta značná škála jak dobré, tak i špatné půdy. Jiným problémem je to, že určité příčiny lokální proměnlivosti se mohou vyskytovat jen v některém období (poškození ptactvem, větrem, suchem), což pak neumožňuje vhodné uspořádání.

V malém pokusu do 16 parcel je proto lepší bloky vůbec nepoužívat, pokud není jasně patrná příčina proměnlivosti. Jejich použití totiž sníží počet stupňů volnosti pro chybu (vhodných je alespoň 20). Na malé ploše patrně není velká proměnlivost a ztráta stupňů volnosti je tedy závažná. U větších pokusů jsou však bloky nutné už z technických důvodů. Trvá-li aplikace pokusných zásahů, sklizně nebo hodnocení déle než jeden den, pak je třeba je provádět postupně v jednotlivých blocích (i pro případný déšť). Navíc je zde větší pravděpodobnost výskytu lokální nevyrovnanosti. Někdy je proto vhodné využít i systém sloupců a řad (latinský čtverec, latinský obdélník). Není-li však oprávněný důvod k jejich použití, pak převažují nevýhody spočívající v ještě větší redukci počtu stupňů volnosti než u blokového uspořádání. Jsou však výhodné i tehdy, je-li obava, že vnější parcely budou ovlivněny více než vnitřní (vitr aj.) Potom první a poslední řada a první a poslední sloupec zachytí velkou část variability, která by se v blokovém uspořádání projevila v chybě. Ještě lepší je však obsít takový pokus ochranným pruhem.

L i t e r a t u r a

- CHLOUPEK, O.: Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Praha, Academia 1995: 186 s.
- MUNZERT, M.: Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen. Berlin, P. Parey 1992: 163 s.
- PEARCE, S. C. – CLARKE, G. M. – DYKE, G. V. – KEMPSON, R. E.: A manual of crop experimentation. N. York, Griffin London and Oxford University Press 1988: 358 s.
- SCHUSTER, W. – LOCHOW, J., von: Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Frankfurt/M, DLG Verlag 1979: 239 s.

Analysis of variance by “sweeping”

The alternative analysis of variance by “sweeping” is presented, as method for identifying residual variance of each plot, and as a method for simple evaluation of some designs (e.g. lattice designs). The method is compared with analysis of variance by summation and with designs with rows and columns. Designs are discussed with regard to soil homogeneity, size of experiments etc.

*Prof. inf. Oldřich Chloupek, DrSc., ing. Jaroslava Ehrenbergerová, CSc.,
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Zemědělská 1, 613 00 Brno*

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Čtvrté zasedání šlechtitelů v Brně

Tradiční setkání šlechtitelů s pracovníky výzkumu a univerzit se uskutečnilo dne 7. února na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě v Brně. Zúčastnilo se ho 137 odborníků. Jednání bylo věnováno úspěšným šlechtitelským postupům. Vedle našich úspěšných šlechtitelů potravinářské pšenice (Selgen Praha – ŠS Úhřetice), sladovnického ječmene (Morstar Kroměříž – ŠS Branišovice), ozimého ječmene (ZVÚ Kroměříž), kukuřice (CEZEA Čejč) a konzumních brambor (Sativa Keřkov), byli pozváni i zahraniční šlechtitelé.

Zástupci firmy Deutsche Saatveredelung Lippstadt hovořili o šlechtění řepky, jejíž čtyři odrůdy byly u nás povoleny v posledních dvou letech a jejich plocha v pěstování již převládá. V roce 1994 bylo zapsáno do Listiny povolených odrůd 57 odrůd zeleniny firmy Bejo-Zaden z Holandska (brokolice, brukev, celer, cibule, čekanka salátová, kadeřávek, kapusta hlávková, kapusta růžičková, květák, mrkev, petržel pór, ředkvička, řepa salátová, zelí hlávkové, zelí pekinské), z toho 37 odrůd hybridních. O jejich šlechtění referoval majitel této rodinné firmy. To je významné proto, že Česká republika je dovozní zemí zeleninových semen.

Prorektor MZLU prof. Chloupek navrhl, aby po dohodě s grantovými agenturami byli na příští seminář v lednu či v únoru 1996 pozváni řešitelé významných projektů podporovaných z grantových prostředků. Pokud budou mít zájem, mohli by referovat o cílech, případně i výsledcích těchto projektů, pokud jsou bezprostředně či potenciálně využitelné ve šlechtění.

Po dohodě s pracovníky Zemědělského muzea ve Valticích by mohla být v roce 1998 uspořádána dlouhodobá výstava o úspěších českého a moravského šlechtění na zámku v Lednici. Vystavené exponáty a dokumenty by po dohodě s jejich majiteli mohly být potom převedeny do muzea. Prof. Chloupek doporučil podporu tohoto záměru i vznik herbáře významných odrůd kulturních rostlin v tomto muzeu. Doporučil též ke zvážení vhodnost genetické konference či kongresu v roce 2000 při příležitosti stého znovuzrození Mendlových zákonů dědičnosti.

Ing. Jaroslava Ehrenbergerová, CSc.

45. Konference svazu rakouských šlechtitelů

Rakousko se stalo členem Evropské unie od 1. 1. 1995. Proto s předstihem i 45. konference Svazu rakouských šlechtitelů konaná ve dnech 22.–25. listopadu 1994 věnovala své tradiční setkání této skutečnosti. Cílem bylo seznámit odbornou veřejnost z oblasti šlechtění, odrůdového zkušebnictví a množení osiv v evropských zemích, zvláště členských zemích EU. Na konferenci vystoupili zástupci 13 evropských zemí – členů i nečlenů EU.

Dr. Fischer, ředitel Saatbau Linz, představil produkční podmínky pro rostlinnou výrobu v Rakousku. Za velmi zajímavou lze pokládat informaci o plochách odrůd nejdůležitějších plodin. U ozimé pšenice jsou tři nejrozšířenější odrůdy množeny na 64 % množitelských ploch, u slunečnice na 54 % a u hrachu na 50 %. Pokud jde o ječmen jako plodinu, snižuje se podíl ječmene jarního ve prospěch ozimého. U ječmene ozimého je poměr šestiřadého a dvouřadého 1 : 1. Lze očekávat, že obdobný nárůst ploch dvouřadého ječmene ozimého jako v Rakousku se projeví i v ČR.

Prof. Hänsel spolu s dalšími pracovníky Zemědělské univerzity ve Vídni prokázali přítomnost jednotlivých gluteninových spekter ve vývojové řadě rakouských pšenic jako důkaz dědičného pozadí pekařské kvality pšenice.

Dr. Schnocková z německého úřadu pro odrůdové zkušebnictví (Bundessortenamt Hannover) představila systém zkušebnictví v rámci EU. Navodila situaci k průběžné diskusi o problematice 2–3letých pokusů hodnocení hospodářských vlastností plodin a navazujících pokusů pro Listinu doporučených odrůd.

Dr. Munzert z Bavorska a dr. Baier ze Saska charakterizovali pokusy pro Listinu doporučených odrůd ve svých spolkových zemích, včetně zdůraznění rozdílů mezi starými a novými spolkovými zeměmi. Ve starých spolkových zemích je podstatně vyšší pokusnická plocha připadající na 1 000 ha pěstitelské plochy.

Dr. Laudoyer z firmy Hybritech ve Francii a dr. Sage z PBI Cambridge charakterizovali systém zkušebnictví ve svých zemích. Zvláště dr. Sage ve svém referátu uvedl mnoho příkladů zvýšení podílu financování soukromé sféry na celém procesu geneticko-šlechtitelského výzkumu, šlechtění a zkušebnictví. V kontrastu k těmto informacím byla uvedena státní podpora poradenství, včetně pokusů pro Listinu doporučených odrůd.

Dr. Willenmann ze Švýcarska se zaměřil na problematiku šlechtění pšenice včetně špaldy ve Švýcarsku. Přes neustálý nárůst výnosu je však kritická situace v nákupních cenách pšenice, které jsou 6–7krát vyšší než v ČR a 2–3krát vyšší než v Německu a dosahují úrovně 100 CHF za 100 kg. Přesto má švýcarská vláda zájem na optimálním využívání vhodných klimaticko-půdních podmínek pro rostlinnou výrobu.

Dr. Roothaan z Holandska charakterizoval základní strategie šlechtitelských firem v Holandsku. Zajímavé byly zvláště tyto poznatky:

1. Dlouhodobá orientace holandských šlechtitelů na tvorbu odrůd pro vývoz.
2. Úzká spolupráce šlechtitelů s veřejným, tj. státem podporovaným výzkumem.

V současné době je Holandsko na prvním místě v Evropě z hlediska exportu osiv a příjmu licenčních poplatků za vyšlechtěné odrůdy. Je skutečně nutné se zamyslet nad zdroji plasticity holandských odrůd pšenice ozimé Ritmo a Estica, dále ječmeneů jarních odrůdy Aramir a Reggae a ječmene ozimého odrůdy Marinka, ale i odrůd hrachu, brambor, zelenin atd. Za pozoruhodné je nutné uvést konstatování o bezproblémovém dvouletém cyklu Státních odrůdových zkoušek.

Dr. de Coster z Belgie se zabýval odrůdovým zkušebnictvím pšenice ozimé a ječmene ozimého. Z jeho referátu vyplynula „liberálnost“ zkoušení a povolování nových odrůd na základě měnicího se počtu standardních odrůd. I když konstatoval poměrnou snadnost dosažení dohody s přihlašovatelem odrůd, je systém měnicího se počtu standardních odrůd diskutabilní. Lze si však představit, že v Belgii jsou specifické podmínky např. z hlediska rychlé úmrtnosti odrůd v důsledku drastického rozšiřování např. BYMV u ječmene ozimého. I když Belgie má značnou potřebu sladu pro vlastní produkci piva, plocha ječmene jarního je zanedbatelná (8 tis. ha) a plocha ječmene ozimého se snížila od roku 1980 ze 133 tis. ha na 50 tis. ha v roce 1994. Rozšiřování BYMV v západní Evropě je vážným varováním i pro naše šlechtitele ozimého ječmene. Existuje reálné nebezpečí, že tato choroba se může rozšířit i do naší republiky.

Dr. Jaiserová z Dánska konstatovala zaběhlý systém dvouletého zkoušení hospodářské hodnoty. I v jejím referátu zaujaly informace o výrazném nárůstu ploch pšenice ozimé a ječmene ozimého a naopak o dramaticky se snižující ploše dříve dominantní obiloviny – ječmene jarního.

Dr. Lelley ze Szegedu podal historický přehled o šlechtění odrůd pšenice ozimé v Szegedu a zvláště o výsledcích šlechtění na nepoléhavost, zimovzdornost, suchovzdornost a kvalitu.

Dr. Drobný z VÚRV Piešťany přednesl příspěvek týkající se vyhodnocení pokusů s pěstováním plodin v tzv. organickém systému hospodaření. V druhé části svého vystoupení charakterizoval činnost slovenského zkušebního ústavu zemědělského. Jak vyplynulo z diskuse, je celá problematika tzv. uzavřeného cyklu organického zemědělství velmi diskutabilní a prakticky všechny dosažené výsledky jsou ovlivněny přímo nebo nepřímo konvenčním zemědělstvím.

Ing. Špunar ze ZVÚ Kroměříž podal přehled o základních aspektech zkoušení a povolování odrůd v České republice v souladu s připravovaným zákonem o odrůdách, osivu a sadbě. V další části vystoupení byly charakterizovány nejdůležitější trendy ve šlechtění obilnin, olejnin, luskovin, brambor a řepy včetně ploch, průměrných výnosů a nákupních cen.

Prof. Röbbelen z univerzity v Göttingenu hodnotil genetickou variabilitu a progres ve šlechtění ozimé řepky. Je pozoruhodné jaké perspektivy řepka poskytuje z hlediska obsahu různého druhu kyselin (eruková, olejová), glukosinolatů atd. V jeho referátu jsem však postrádal stanoviska k biologickému omezení pěstování řepky ozimé z hlediska zastoupení v osevním postupu, možnosti využití ke zmírnění ekonomických dopadů úhorového hospodářství.

Prof. Ruckebauer z univerzity ve Vídni se naopak těmito aspekty zabýval a ve velmi pozitivně přijaté přednášce analyzoval možnosti pěstování pšenice a tritikale k energetickým účelům. I když využívání slámy nebo celých rostlin je mechanizačně dokonale zvládnuto, byly diskutovány problémy potenciálního snížení CO₂ a zvyšování obsahu N v atmosféře spalováním. Přednesené výsledky neměly charakter akademické diskuse o ekologii, trvale udržitelném zemědělství, redukci dopadů zemědělské nadprodukce na existenci zemědělských farem. Naopak přednesená hypotéza, doložená konkrétními výsledky o dostatečnosti 2 ha obilnin pro pokrytí energetických potřeb 50ha zemědělské farmy si zasluhuje další rozpracování a finanční podporu ze strany kompetentních institucí nejen v Rakousku, ale i v ČR. Podhorské a horské oblasti obou sousedících zemí mají mnoho společného.

V příspěvku dr. Uphoffa z Německa, který analyzoval tendence ve šlechtění cukrovky v Evropě vyplynulo, že šlechtění této plodiny je nemožné bez náročného a drahého geneticko-šlechtitelského výzkumu, který zvládne problematiku ploidie, odolnosti k chorobám (zvláště virózám) a kvality produkce. Proto očekává u této plodiny další redukci počtu firem na evropském kontinentu. Spojení českého šlechtění s firmou Hillebrand bylo pravděpodobně to nejvýhodnější, co se dalo v současné situaci evropského šlechtění cukrovky učinit.

Jak vyplynulo z příspěvku dr. Offereinse z Německa, není situace ve šlechtění brambor tak dramatická. Holandské firmy si i díky svému šlechtění brambor udržují výsadní postavení u raných brambor, částečně u poloraných. Specifické požadavky konzumentů a zvláště zpracovatelů dávají prostor i dalším šlechtitelským firmám.

Rozvoj výpočetní techniky ve všech sférách lidské činnosti se nevyhýbá ani oblasti šlechtění a zkušebnictví. Proto bylo cílem organizátorů v druhém tematickém okruhu seznámit odbornou veřejnost s možnostmi zvýšení efektivnosti a produktivnosti šlechtitelské a pokusnické činnosti využitím mobilních sběračů dat a výpočetní techniky v hodnocení pokusů.

V úvodním referátu dr. Schlingmanna z Německa byla analyzována filozofie sběru informací a jejich zpracování. Konkrétní softwary a postupy však nebyly uvedeny.

Dr. Innemann z Hadmersleбену se zabýval konkrétněji vedením šlechtitelské dokumentace. Dr. Innemann byl do firmy přijat k zavedení počítačů do šlechtění s cílem zvýšení produktivity práce. V diskusi pak odpověděl, že v Hadmersleбену provádí osobně z 80 % vedení šlechtitelské dokumentace na počítači.

Dr. Innemann z Hadmersleбенu se zabýval konkrétněji vedením šlechtitelské dokumentace. Dr. Innemann byl do firmy přijat k zavedení počítačů do šlechtění s cílem zvýšení produktivity práce. V diskusi pak odpověděl, že v Hadmersleбенu provádí osobně z 80 % vedení šlechtitelské dokumentace na počítači.

Dr. Laiding z Bundessortenamtu Hannover zdůvodnil statistickou analýzou možnosti zkrácení délky zkoušení státních pokusů v Německu ze tří na dva roky a rovněž snížení počtu lokalit pro získání dostatečného rozsahu podkladů k povolování odrůd po dvou letech.

Dr. Vollmann z Univerzity ve Vídni se zabýval biometrickým zdůvodněním vlivu orientace pokusného pozemku a sousedních parcel na korekce ve výpočtech výnosu. K výpočtu využíval řadu biometrických metod včetně ANOFTu doc. Schwarzbacha. Analýzou kovariance prokázal statisticky vliv pouze sousedních parcel, nikoliv dalších.

Dr. Freytag z Gatersleбенu se zabýval využitím počítačové sítě pro sběr, vyhodnocování, udržování a publikaci údajů z genové databanky. Databáze s vhodně strukturovanými údaji mohou poskytnout na jedné straně široké spektrum informací, ale na druhé straně i velmi úzké a konkrétní informace pro řešení určitého šlechtitelského problému.

Z diskuse, která následovala po uvedených vystoupeních vyplynuly různé možnosti sběru a přenosu dat, např. při sklizni kombajny, při vážení atd.

Dr. Laudoyer z Francie, dr. Sage z Velké Británie a dr. Jaiserová z Dánska potvrdili, že i na šlechtitelských stanicích v jejich zemích se započalo s využitím sběračů dat, centrální evidence pro statistické zpracování, tiskem etiket atd. Za účelem zvýšení efektivnosti šlechtitelského procesu bude nutné této problematice věnovat pozornost i v našich šlechtitelských firmách. Lze očekávat, že firmy budou získané poznatky poskytovat, ale jako velmi drahé know-how.

Závěrem lze konstatovat, že konference potvrdila rozdíly v systémech šlechtění, zkoušení a povolování odrůd v jednotlivých členských i nečlenských zemích EU. Všichni respektují Registrační zkoušky tzv. DUS testy. Ve výkladu jednotlivých článků (např. hospodářského přínosu nově povolovaných odrůd) však existují rozdíly.

S ohledem na důležitost projednávané problematiky se konference účastnili z ČR zástupci ÚKZÚZ, Zemědělského výzkumného ústavu v Kroměříži a šlechtitelských firem Selgen a Morstar. Lze očekávat, že získané poznatky budou rychle uplatňovány v našem odrůdovém zkušebnictví, výzkumu a šlechtitelské praxi.

Ing. Jaroslav Špunar, CSc.

Třetí pracovní zasedání o integrované ochraně proti padlí travnímu na obilninách v Evropě

Ve dnech 6.– 9. listopadu 1994 se konalo v Kappel am Albis u Curichu „Třetí pracovní zasedání o integrované ochraně proti padlí travnímu na obilninách v Evropě“ a pracovní zasedání COST 817 na téma „Populační studie patogenů obilnin přenášených větrem jako prostředek ke zlepšení strategie ochrany proti chorobám“. Zasedání se zúčastnilo 64 odborníků z 15 zemí Evropy (Bělorusko, Česká republika, Dánsko, Švýcarsko, Francie, Německo, Nizozemsko, Finsko, Litva, Maďarsko, Polsko, Slovensko, Spojené království, Švédsko, Ukrajina). Zasedání předsedala dr. H. Oestergård z Dánska, vedoucí projektu COST 817.

Program byl zaměřen především na padlí travní na obilninách. Hlavní pozornost byla věnována padlí travnímu na ječmeni. Specifické geny rezistence v pěstovaných odrůdách jsou již málo účinné nebo neúčinné. Účinnou zůstává pouze rezistence řízená genem *mlo*, jejíž podstatou je tvorba mechanických bariér v buňkách hostitele proti pronikání patogena. Masové využívání tohoto genu ve šlechtění vyvolává obavy z postupné ztráty účinnosti tohoto genu.

Menší počet příspěvků byl věnován padlí travnímu na pšenici. Zastoupení faktorů virulence v populaci patogena je převážně určováno zastoupením genů rezistence v pěstovaných odrůdách. Ze šlechtitelsky využívaných genů jsou v některých oblastech ještě relativně účinné geny *Pm2*, *Pm4b* a *Pm6*. Několik příspěvků seznamovalo s nově zjištěnými geny rezistence z primitivních forem a planých příbuzných druhů. Další příspěvky byly věnovány rzi na pšenici a rzím na ječmenu. Příspěvky z Německa a Dánska pojednávaly o molekulárních markerech genů rezistence, problematikou odrůdových směsí se zabývaly referáty ze Švédska, Švýcarska, Skotska a Polska. Rezistence k fungicidům byla předmětem příspěvků ze Švýcarska, Slovenska, Nizozemska a Německa.

Poslední den zasedání se jednalo v rámci jednotlivých sekcí, které spadají pod program COST 817 (v závorce vedoucí sekce):

Databáze genomu obilních rzí a padlí travního (H. Giese – Dánsko)

Epidemiologické parametry (A. J. G. Engels – Nizozemsko)

Odrůdové a druhové směsi (E. Gacek – Polsko)

Nomenklatura genů rezistence a virulence (H. Joergensen – Dánsko)

Samostatné jednání sekce Průzkum virulence, agresivity a rezistence k fungicidům (F. Felsenstein – Německo) se nekonalo, protože toto téma bylo předmětem jednání celého zasedání.

V programu setkání byla též exkurze do Výzkumného ústavu rostlinné výroby (Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau) v Zürich-Reckenholz, kde se účastníci seznámili se studiem markerů genů rezistence (dr. B. Keller), s průzkumem virulence padlí travního na pšenici a rzi pšeničné a jeho využitím pro

šlechtění (dr. M. Winzeler) a s využitím testu ELISA v ochraně rostlin (dr. H. R. Forrer).

Pracovní setkání potvrdilo význam integrované ochrany proti padlí travnímu na obilninách. Vedle klasických metod sběru vzorků se významnou měrou uplatňuje metoda odchytu konidií patogena mobilním lapačem. V České republice se průzkumem patotypů padlí travního zabývá Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. Vzniká také význam používání moderních metod molekulární genetiky při studiu rezistence hostitele i virulence patogena.

Ing. Renata Hanušová, CSc., ing. Pavel Bartoš, DrSc.

ŽIVOTNÍ JUBILEA

Životní jubileum ing. Ivo Bareše, DrSc.

Ing. Ivo Bareš, DrSc., dlouholetý výzkumný pracovník a zakladatel systematické ochrany genofondu kulturních rostlin v ČR, oslavil dne 2. března 1995 své sedmdesáté narozeniny.

Výzkumná orientace ing. Ivo Bareše, DrSc., na shromažďování, hodnocení, dokumentaci a šlechtitelské využívání genetických zdrojů (GZ) kulturních rostlin se datuje od počátků jeho působení v zemědělském výzkumu. S prohlubováním studia genetických zdrojů přechází jeho pozornost od široké škály plodin, hodnocené na přelomu čtyřicátých a padesátých let ve SVÚZ v Doksanech, na obilniny a později především na pšenici. Genetické zdroje této plodiny byly také tématem jeho kandidátské disertace, kterou obhájil v roce 1963.

Svoje odborné zaměření doplňoval neúnavnou organizačskou prací, zaměřenou na vytvoření systému uchování a využívání genetických zdrojů rostlin v celém bývalém Československu. Již od roku 1955 organizoval publikování přehledů genetických zdrojů rostlin ve formě *Indexu seminum*. Byl iniciátorem založení Rady genetických zdrojů, která se zabývala jak otázkami organizačními, tak odbornými problémy a měla celorepublikovou působnost.

O prohloubení systematickosti práce s GZ se ing. Bareš dále zasloužil i přípravou, editorským zajištěním a spoluautorstvím řady z 21 publikovaných klasifikátorů, které slouží k hodnocení GZ jednotlivých plodin. Velmi významnou etapou jeho výzkumného působení byla též příprava dokumentačního systému GZ, který je v současnosti používán v upravené verzi pod názvem EVIGEZ.

Vyvrcholením jubilantových snah o vybudování zařízení pro dlouhodobé uchování vzorků genetických zdrojů byla příprava a výstavba genové banky ve VÚRV Praha-Ruzyně.

V praktickém využívání genetických zdrojů se ing. Bareš zaměřoval na velice úzkou spolupráci se šlechtiteli. Na základě vhodně doporučených genetických zdrojů mu bylo přiznáno spoluautorství odrůd ozimé pšenice Lena, Juna, Zdar, Mara a jarní pšenice Jara. Sám vyšlechtil pšenici Praga a byl spoluautorem odrůd bobu Pluto a pelušky Vesna. Podílel se též na zavádění nízkých odrůd hrachu a na introdukci výkonných zahraničních odrůd pšenice.

V oblasti aplikovaného genetického výzkumu inicioval ve VÚRV výzkum aneuploidů u pšenice, který zaznamenává i v současné době neustálý rozvoj.

Své 32leté poznatky o genetických zdrojích pšenice shrnul ing. Bareš v doktorské disertační práci, kterou v roce 1985 úspěšně obhájil.

Na úseku genetických zdrojů rostlin rozvíjel široké mezinárodní kontakty a spolupráci. Za jeho působení ve funkci vedoucího oddělení genetických zdrojů se bývalé

Československo přihlásilo k mezinárodní spolupráci v rámci Mezinárodní rady genetických zdrojů (IBPGR). Při studiu genetických zdrojů spolupracoval dlouhá léta s VIR v St. Peterburgu i s dalšími významnými centry GZ. Organizoval též mnohá mezinárodní zasedání pořádaná v bývalém Československu.

Po řadu let byl předsedou Komise genetiky, šlechtění a semenářství a členem Odboru rostlinné výroby ČSAZ. Působil v redakční radě časopisu Rostlinná výroba, ve vědeckých radách výzkumných ústavů, ve Státní odrůdové komisi a v dalších institucích celostátního působení.

Výsledky svých výzkumů publikoval ve více než 110 vědeckých sděleních, napsal přes 200 odborných článků a autorsky se podílel na 48 knižních publikacích.

Výsledky dosaženými na úseku výzkumu genetických zdrojů rostlin se ing. Bareš stal vědeckým odborníkem uznávaným jak doma, tak v zahraničí. Své zkušenosti nadále uplatňuje při aktivním působení v genové bance ve VÚRV Praha-Ruzyně a při přípravě souhrnných publikací, jako např. přehledu o českém a československém šlechtění pšenice. Je tak příkladem vědeckého pracovníka, který se významně zasloužil o rozvoj důležitého úseku výzkumu a který měl současně na zřeteli praktickou využitelnost získaných poznatků.

Ing. Zdeněk Stehno, CSc.

POSTGRADUÁLNÍ STUDIUM Z OBORU GENETIKY

PŘÍLOHA ČASOPISU GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ, 31, 1995, ČÍSLO 2

SPECIFICKÁ ODOLNOST PŠENICE K PADLÍ TRAVNÍMU
(*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal)

Renata HANUŠOVÁ

Research Institute of Plant Production, Prague, Czech Republic

Padlí travní se jako parazit pšenice vyskytuje každoročně ve většině zemí především střední a severní Evropy. Škody, které způsobuje, mohou přesáhnout 25 % výnosu (Felsenstein, 1991). Příčinou výskytu je jednak aplikace vysokých dávek dusíkatých hnojiv při pěstování obilnin, jednak vysoký reprodukční potenciál a značná variabilita a adaptabilita patogena, stejně jako snadný přenos konidií větrem. Kromě agrotechnických opatření, jako je přiměřené hnojení dusíkem a vhodná doba setí, lze napadení padlím redukovat hlavně pěstováním odolných odrůd a aplikací fungicidů. Používání fungicidů výrazně zvyšuje náklady na produkci obilnin, zatěžuje životní prostředí a vysoká počáteční efektivita fungicidních zákroků může poklesnout adaptací patogena na použité přípravky (rezistence k fungicidům). Geneticky podmíněná, většinou specifická odolnost je naproti tomu způsob ochrany rostlin, který je ekologicky nezávadný a je součástí mnoha šlechtitelských programů. Vhodným využitím geneticky podmíněné rezistence odrůd doplněné aplikací fungicidů mohou být ztráty sníženy na minimum.

Životní cyklus patogena

Padlí travní – *Erysiphe graminis* DC. – patří do třídy Ascomycetes (houby vřekovýtrusné), řádu Erysiphales (padlí). Je obligátním parazitem obilnin a trav. Vyskytuje se na povrchu rostliny – na listech, listových pochvách, plevách a osínách, kde tvoří nápadné mycelium připomínající pomoučení. Mycelium je bílé nebo světle šedé, stářím mění barvu na žlutošedou. Mycelium je patrně nejdříve na vrchní straně listu, teprve později se patogen šíří na listové pochvy a do klasů.

Infekční proces začíná klíčením spory na epidermis hostitele a růstem infekční hyfy. Konidie může klíčit již při 0,5 °C. V místě, kde se na epidermální buňce vytvoří pupkovité apresorium, proniká hyfa dále do buňky a uvnitř na svém konci vytváří prstovité haustorium, umožňující absorpci živin. Mycelium roste a za příhodných podmínek produkuje na postranních krátkých vláknech velké množství konidií. Konidie jsou oválné, jednobuněčné, měří 20–35 µm x 8–10 µm (Zillinski, 1983). Nepohlavní rozmnožování konidiemi ve vegetační době je velmi produktivní, zvláště při suchém a teplém počasí. Periodické střídání suchého, teplého

a vlhkého počasí během vegetace podporuje rozmnožení a šíření houby. Extrémně suché nebo vlhké, ale hlavně chladné počasí omezuje reprodukci patogena (Č a č a et al., 1981). Srážky ovlivňují průběh epidemie smytím konidií, čímž se omezí šíření spor a tvorba dceřinných kolonií. K maximální tvorbě mycelia a konidií dochází ve fázi mléčné zralosti hostitele. Optimální teplota pro tvorbu konidií je 15–20 °C, při teplotě nad 25 °C se růst postupně zastavuje a kupky stárnou (Müller, 1988).

Koncem vegetace jsou v myceliu patrné tmavé kulovité útvary – kleistothecie. Jsou to plodnice vznikající pohlavním procesem za účasti antheridia a askogonu. Kleistothecie jsou zprvu žlutavá, později na povrchu hnědnoucí. Jejich pevná korová část je tvořena charakteristicky uspořádanými buňkami a je opatřena přívěsnými vlákny – appendixy, jejichž délka a tvar jsou pro rod charakteristické. Kleistothecie měří 150–300 µm v průměru. Uvnitř plodničky jsou vějířovitě přirostlá vřeka kulovitého nebo hruškovitého tvaru, která obsahují 8 či méně jednobuněčných, bezbarvých askospor. Plodničky většinou dozrávají během zimy, otvírají se podle prstencové rýhy na temeni a askospory jsou vystřelovány až do vzdálenosti 2 cm (Urban, Kalina, 1980).

Ačkoliv se kleistothecie tvoří běžně na napadeném pletivu, zralé askospory jsou pozorovány zřídka. Plodničky musí přezimovat, význam askospor pro primární infekci je proto omezený. Pohlavní rozmnožování však hraje velkou roli při zajišťování variability patogena tvorbou rekombinantů (Bartoš, 1979). Pro primární infekci hostitele na začátku vegetační doby má rozhodující význam mycelium, které přežije zimu na napadených rostlinách ozimů. Někteří autoři považují pozdní setí, které omezí rozvoj patogena, za alternativní způsob ochrany, nahrazující moření osiva systémovými mořidly účinnými proti padlí (Frank et al., 1988). Čím dříve jsou rostliny napadeny, tím jsou škody větší. V napadených pletivech klesá obsah chlorofylu, zvyšuje se dýchání a transpirace. Kořeny se vyvíjejí pomaleji, tím klesá obsah vody v pletivech, narušuje se syntéza bílkovin a klesá obsah glycidů v pletivech. Růst se zpomaluje, klesá počet odnoží, počet zrn v klase a jejich hmotnost. Ztráty na výnosech dosahují u pšenice 5–15 % (Č a č a et al., 1981).

Fyziologická specializace patogena

Padlí travní je známé vysokým stupněm specializace, která vede ke vzniku speciálních forem a fyziologických ras. Speciální formy se liší okruhem rodů hostitelských rostlin a fyziologické rasy okruhem hostitelských odrůd. Vysoký stupeň specializace je dán značnou variabilitou patogena. Houba produkuje velké množství konidií v řadě krátkých cyklů a koncem vegetace vytváří přezimující kleistothecie (kromě možnosti přezimovat v myceliální formě). Nepohlavní reprodukce umožňuje vznik mutantů, pohlavní rozmnožování vznik rekombinací, což ztěžuje šlechtění na odolnost. Je známo, že odrůdy s novým genem rezistence ztratí mnohdy odolnost již v prvních letech pěstování (Hanišová et al., 1989).

Podle Florovy hypotézy gen–proti–genů odpovídá každému genu, který řídí rezistenci hostitelské rostliny k patogenu, specifický gen pro patogenitu u parazitické houby. Hypotéza byla založena na paralelním studiu genů rezistence hostitele a genů virulence patogena a je v souladu s evolučním vztahem hostitele a patogena. Aby mohl v evoluci přežít i hostitel i patogen, musela v tomto systému vzniknout rovnováha. V přirozené populaci padlí probíhá selekce forem, které překonávají nejrozšířenější geny rezistence v populaci hostitele. Jakmile v populaci patogena převládne rasa napadající většinu rostlin, je v populaci hostitele selekčně zvýhodněný genotyp odolný k převládající rase. Ten se v populaci hostitele rozšíří, dokud nepodlehne nově vzniklé patogenní rase. V umělém systému hostitel–patogen ovlivňuje populaci hostitele člověk, zatímco populace patogena reaguje popsáním způsobem. Patogen může vytvořit 2^n fyziologických ras, je-li n počet genů rezistence hostitele, a každý z nich má dva fenotypy, odolný a náchylný (Day, 1974). Vhodně sestavený soubor diferenciacních odrůd s monogenně založenou rezistencí může teoreticky rozlišit všechny existující rasy.

První testovací soubor byl sestaven z osmi odrůd se známými geny rezistence k padlí. Zjištěné fyziologické rasy patogena byly označovány pořadovými čísly a tvořily klíč k určování ras (Wolfe, 1965 – cit. Király et al., 1970). K tomuto souboru odrůd byly časem přidány další odrůdy a k označování ras se začal používat číselný kód, podstata metody zůstala nezměněná (Engel et al., 1978 – cit. Frauenstein et al., 1979). Nověji se specifická patogenita vyjadřuje zpravidla pomocí tzv. fenotypu virulence. Metoda je založena na stanovení jednotlivých genů virulence, jež jsou přítomny v určitém izolátu patogena, a přitom není striktně vázána na použití úplných souborů diferenciacních odrůd. Stačí pracovat pouze s odrůdami nebo izogenními liniemi, u nichž známe rasově specifické geny rezistence.

Pro rasové analýzy populace padlí v různých oblastech Evropy se už řadu let používá metoda sběru vzorků ze vzduchu s následnou kultivací a identifikací ras patogena. Monitorování se provádí téměř na celém území Evropy, která je považována za epidemiologický celek (Felsenstein et al., 1986). Skladba populace padlí je do značné míry podmíněna skladbou hostitelské populace a ovlivněna převládajícími vzdušnými proudy. Tendence vývoje ras od méně virulentních k těm, které překonávají kombinace genů rezistence, je evidentní. Jak uvádí Mráz (1988, 1989), i v Československu zcela vymizely některé rasy, které na počátku sledování v 60. a 70. letech tvořily početnou skupinu. Tyto rasy s malou šíří virulence byly nahrazeny rasami s kombinovanou virulencí ke dvěma i více genům rezistence včetně těch, které překonávaly původní fyziologické rasy.

Specifická odolnost pšenice k padlí travnímu

Pro klasifikaci rezistence a zavedení jednotné soustavy pojmů použil van der Plank pojmů vertikální a horizontální rezistence. Z hlediska fyziologické speci-

zace se rezistence dělí na specifickou a nespecifickou (podle schopnosti hostitele odolávat některým nebo všem fyziologickým rasám patogena).

Specifická rezistence má kvalitativní charakter a je podmíněna jedním nebo několika major geny. Její projev je charakterizován velkými a diskontinuálními rozdíly mezi odolnou a náchylnou reakcí. Geny podmiňující specifickou rezistenci odrůdy lze určit poměrně rychlou aproximativní metodou, tj. podle reakcí odrůdy k většímu počtu ras patogena s odlišnými geny virulence. K ověření výsledků aproximativní analýzy a k přesnějšímu určení genetického základu rezistence se provádí hybridologická analýza potomstev F_1 , F_2 a F_3 generace kříženců studované odrůdy s náchylnou odrůdou nebo s jinou odrůdou se známými geny rezistence. Zjištěné geny rezistence se lokalizují na chromozomech metodou monozomické analýzy s pomocí monozomické série některé náchylné odrůdy. Moderní metody molekulární genetiky umožňují determinovat pomocí molekulárních markerů genetické rozdíly mezi odrůdami a lokalizovat faktory rezistence na úrovni DNA.

U pšenice bylo dosud identifikováno přes dvacet major genů odolnosti k padlí travnímu, *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* Marchal. Geny se nacházejí v lokusech označených číslem a symbolem *Pm*, jak uvádí tab. I. O původu, účinnosti a hospodářském využití genů je dále pojednáno v pořadí podle jejich významu.

I. Geny rezistence pšenice k padlí travnímu – původ, lokalizace a některé odrůdy/linie s uvedeným genem rezistence (podle Bennett, 1984; McIntosh, 1988; McIntosh et al., 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994; Lutz et al., 1995)

Gen	Lokalizace	Původ	Odrůda/linie
<i>Pm1</i>	7AL	<i>T. aestivum</i>	Axminster, Thew
<i>Pm2</i>	5DS	<i>Ae. squarrosa</i>	Ulka, Avalon, Bounty, Fenman, Longbow, Maris Huntsman, Maris Dove
<i>Pm3a</i>	1AS	<i>T. aestivum</i>	Asosan, Federation, Florida 301, Hadden
<i>Pm3b</i>	1AS		Chul
<i>Pm3c</i>	1AS		Sonora, Sturgeon
<i>Pm3d</i> (= <i>MLK</i>)	1A		Kolibri, Syros, Ralle
<i>Pm3e</i>	1A		W 150
<i>Pm3f</i>	1A		Michigan Amber/*8Cc
<i>Pm4a</i>	2AL	<i>T. dicoccum</i>	Khapli, Valgerardo, Yuma
<i>Pm4b</i>	2AL	<i>T. carthlicum</i>	Armada, Sappo, VPM 1, WhM1
<i>Pm5</i>	7BL	<i>T. dicoccum</i>	Hope, Redcoat, Redman, Arthur, Selpek

Pokr. tab. I

Gen	Lokalizace	Původ	Odrůda/linie
<i>Pm6</i>	2B	<i>T. timopheevi</i>	Timgalen, Brimstone, Brigand, Heiduck, Maris Huntsman, Parade
<i>Pm7</i>	4A/5R(2R)	<i>S. cereale</i> – translokace (Rosen)	Transec, Transfed
<i>Pm8</i>	1B/1R	<i>S. cereale</i> – translokace nebo substituce (Petkus)	Aurora, Kavkaz, Clement, Disponent, Halle St. 1444, Stuart, Veery, Gotz, Kronjuwel, Salmon, Zorba
<i>Pm9</i>	7AL	<i>T. aestivum</i>	Normandie, Mephisto
<i>Pm10</i>	1D	<i>T. aestivum</i> / <i>T. spelta</i> <i>duhamelianum</i>	Norin 4, Norin 26, Penjamo 62
<i>Pm11</i>	6BS	<i>T. aestivum</i>	Chinese Spring, Salmon
<i>Pm12</i>	6BS	<i>Ae. speltooides</i>	Wembley/ <i>Ae. speltooides</i>
<i>Pm13</i>	3B	<i>T. longissimum</i>	Chinese Spring/ <i>T. longissimum</i>
<i>Pm14</i>	6B	<i>T. aestivum</i>	Norin 10
<i>Pm15</i>	7DS	<i>T. aestivum</i>	Norin 26
<i>Pm16</i>	4A	<i>T. dicoccoides</i>	Maris Nimrod, Norman
<i>Pm17</i>	1AL/1RS	<i>S. cereale</i>	Amigo
<i>Pm18</i>	7A		M1N
<i>Pm19</i>	7D	<i>Ae. squarrosa</i>	synt. linie XX 186
<i>Pm20</i>	6BS/6RL	<i>S. cereale</i> (Prolific)	linie KSWGRC27
<i>Mld</i>	4B	<i>T. durum</i>	Maris Dove, Halle St. 13471
<i>Mli</i> (= <i>Pm5</i>)	7B	<i>T. dicoccum</i>	Kormoran
<i>MLk</i> (= <i>Pm3d</i>)	1A	<i>T. aestivum</i>	Kolibri

Geny *Pm6* a *Pm2*

Geny *Pm2* a *Pm6* pocházejí z linie CI 12633, která byla získána, stejně jako linie CI 12632, z křížení tetraploidní pšenice *T. timopheevi* x (Illinois No. 1 x Chinese Spring). Jelikož se gen *Pm2* nachází na chromozomu 5D a D-genom v tetraploidní pšenici chybí, mohl být gen *Pm2* přenesen pouze z některé ze dvou hexaploidních rodičovských odrůd uvedeného křížení. V odrůdě Chinese Spring však nebyla na-

lezena žádná rasově specifická odolnost a odrůda Illinois No. 1 také neobsahuje gen *Pm2*. Původ genu *Pm2* byl proto neznámý (Bennett, 1984). McIntosh a Baker (1970) lokalizovali gen *Pm2* na krátkém rameni chromozomu 5D v odrůdě Ulka a později Lutz et al. (1995) na chromozomu 5D v linii vzniklé křížením *T. durum* a *Ae. squarrosa*. Gen *Pm2* tedy může pocházet z *Ae. squarrosa*, donoru D-genomu hexaploidní pšenice, ale nelze vyloučit ani jeho vznik spontánní mutací.

Linie CI 12633 byla s úspěchem použita např. ve šlechtění v USA a Velké Británii. Do roku 1971 neobsahovala žádná z anglických odrůd geny *Pm2* či *Pm6*. V roce 1983 mělo už 73 % povolených odrůd gen *Pm2* nebo *Pm2+6*, žádná však samotný gen *Pm6*. Gen *Pm6* byl v roce 1971 identifikován v australské odrůdě Timgalen. Byla to odrůda velice populární v Paraguayi a pro svou odolnost k padlí pěstovaná na velkých plochách. To vedlo v populaci patogena k rychlé selekci ras virulentních ke genu *Pm6* a ke ztrátě odolnosti odrůdy Timgalen.

První povolenou odrůdou s genem *Pm2* byla anglická odrůda Maris Nimrod. Ke ztrátě rezistence došlo velice rychle, záhy po povolení odrůdy k pěstování. Novější odrůdy s genem *Pm2*, jako Bounty, Avalon, Norman, Talent, Fenman, mají vyšší úroveň rezistence k rasám s virulencí k *Pm2* a přes velkou náchylnost v klíčící fázi zůstávají v dospělosti středně až vysoce odolné. Řada odrůd pocházejících z linie CI 12633 obsahuje oba geny rezistence, *Pm2* i *Pm6*. První z nich, odrůda Maris Huntsman, povolená v roce 1972, byla vysoce rezistentní a do roku 1976 se nenašel izolát, který by tuto kombinovanou odolnost překonal. Od té doby frekvence ras virulentních k *Pm2+6* stoupá.

V Severní Americe se odrůdy s geny *Pm2* a *Pm6*, jako jsou Arthur, Arthur 71, Abe, Oasis, rozšířily pro svou odolnost k padlí v době, kdy se v USA zvětšovaly plochy pšenice a padlí se začínala věnovat větší pozornost. Nyní je rezistence těchto odrůd již neúčinná. Rovněž švédská odrůda Drabant má rezistenci *Pm2+6* získanou od CI 12633. Je součástí finského sortimentu jarních odrůd a její rezistence byla brzy překonána. Je však stále ještě odolnější než náchylné finské odrůdy bez specifických genů rezistence (Karjalainen, 1986). Szunicz a Szunics (1988) popisují ztrátu odolnosti u maďarských odrůd s kombinovanou rezistencí *Pm2+6*, k jejichž šlechtění byla v polovině 70. let použita jako výchozí materiál odrůda Arthur.

V USA a ve Velké Británii se izoláty s kombinovanou virulencí *Pm2+6* objevily v roce 1976. Je zajímavé, že do té doby byl v USA účinný gen *Pm2* a gen *Pm6* byl překonáván virulentními izoláty. Ve Velké Británii byla situace opačná, v rasovém spektru se izoláty virulentní ke genu *Pm2* vyskytovaly běžně, zatímco izoláty virulentní ke genu *Pm6* byly nalezeny zřídka (Bennett, 1984). Populaci patogena ve Velké Británii v letech 1985 a 1986 popisuje Wolfe a Kints (1986). Uvádějí vysokou četnost virulence ke genu *Pm2*. Totéž platí i o kombinaci *Pm2+6*, ale autoři předpokládají možnost jejího snižování v důsledku větší diverzity hostitelské populace.

Z rasových analýz populace padlí v Evropě (Felsenstein et al., 1986, 1988; Felsenstein, 1991) vyplývá, že nejvyšší četnost virulence ke genu *Pm2* je ve Velké Británii, střední v Dánsku, v severním Německu a v severní Francii. Gradient západ-východ odpovídá zastoupení pěstovaných odrůd s genem *Pm2*. Ve Velké Británii to jsou odrůdy Avalon, Fenman, Norman, Galahad, Longbow (gen *Pm2*), Brimstone a Brigand (*Pm2*+6). Na území Holandska, Francie, Dánska a hlavně Německa se zjištěné hodnoty virulence nedají vysvětlit pouze pěstováním náchylných odrůd. Např. v Dánsku se odrůda s genem *Pm2* Longbow pěstuje přibližně na 10 % z celkové plochy pšenice (Joergensen, Hovmoeller, 1986). Uvedené oblasti jsou ovlivněny přenosem spor větrem z Velké Británie. U kombinované virulence ke genům *Pm2*+6 bylo zjištěno podobné rozložení četností, ale výskyt byl celkově nižší.

V Itálii zůstává v letech 1982 až 1986 odolná linie Wisconsin sel. C.I. 12632 s geny *Pm2*+6 (Corazza, Ialongo, 1986). Ani Felsenstein et al. (1986) nezjistili v Itálii virulenci k *Pm2* či *Pm2*+6. Ve Švýcarsku bylo v letech 1980 až 1985 zjištěno vysoké procento virulencí ke genu *Pm6*, zatímco virulence k *Pm2* byla řídká (Streckeisen, Fried, 1985; Fried, Streckeisen, 1986). Údaje se shodují s výsledky ze sousedního jižního Německa. Na území bývalé NDR popisují Sperling a Homeyer (1988) jen slabý výskyt virulence ke kombinaci genů *Pm2*+6. V sousedním Polsku nebyla ještě v roce 1984 izolovaná žádná rasa virulentní ke genu *Pm6*. V roce 1985 už Dzieglo (1985) uvádí první výskyt padlí i na odrůdách s genem *Pm6* – Kenya Civet a Maris Huntsman. Byly identifikovány i rasy překonávající gen *Pm2*.

V Dánsku byly v roce 1986 odrůdami s nejefektivnější rezistencí odrůdy Holger s genem *Pm6* a Sleipner s kombinovanou rezistencí *Pm2*+6+8 (Hovmoeller, 1987). V průběhu dalších dvou let se situace změnila, výsledky výzkumu virulence padlí ukazují výrazné zvýšení podílu virulence k *Pm6* na všech lokalitách. Výskyt virulence ke genu *Pm2* zůstává nadále vysoký (Hovmoeller, 1988).

Ačkoliv v České a Slovenské republice poskytuje kombinace genů *Pm2*+6 pěstovaným odrůdám dosud částečnou ochranu proti padlí (Huszár et al., 1994; Hanušová, 1993), v sousedním Maďarsku ztratila tato kombinace genů již účinnost (Mesterházy, 1994 – ústní sdělení). Na jihu Ukrajiny patří rasy s virulencí k *Pm2*+6 k nejméně frekventovaným (Babajanc, Smiljanec, 1989).

Gen *Pm4b*

Gen *Pm4b* je dalším velmi rozšířeným genem odolnosti pšenice k padlí. Pochází z tetraploidní pšenice *Triticum carthlicum* Newski. Odrůdy s genem *Pm4b*, jako např. Armada, ztrácely postupně rezistenci, jak vzrůstal podíl virulentních ras v populaci patogena. Tutéž tendenci uvádí Bennett (1984) i pro kombinaci *Pm4b* s jinými geny rezistence ve švédských jarních odrůdách Sappo a Timmo (*Pm4b*+2, *Pm4b*+2+6), pěstovaných ve Velké Británii. Jejich odolnost plynule klesá, což

svědčí o schopnosti patogena přizpůsobit se i kombinaci genů rezistence. Nárůst virulence ke kombinaci *Pm4b+8* popisují také Wolfe a Kints (1986).

V analýzách virulence v Evropě (Felsenstein et al., 1986, 1988; Felsenstein, 1991) byla nejvyšší četnost virulence ke genu *Pm4b* zjištěna ve Velké Británii s gradientem Z-V, který je typický také pro gen *Pm2*. Výjimkou je Bavorsko s 64 % výskytu virulencí k *Pm4b*. Pěstování odrůd s genem *Pm4b* (jařiny) a *Pm4b+8* (pšenice ozimá Kronjuwel) zde působí na selekci genů virulence v populaci patogena po celý rok. Výskyt virulencí ke kombinaci genů je obecně nižší. Vysoké zastoupení virulence ke genu *Pm4b* a nízké zastoupení ke kombinacím *Pm2+Pm4* a *Pm1+Pm4* v bývalé NDR zjistili rovněž Sperling a Homeyer (1988).

V Dánsku patří odrůda Kosack s genem *Pm4b* k nejodolnějším v dánském seznamu odrůd (Hovmoeller, 1988). Podle starších údajů (1974 až 1979) nebyla ani ve Finsku virulence ke genu *Pm4b* častá (Karjalainen, 1986). Fried a Streckisen (1986) uvádějí řídký výskyt virulence ke genu *Pm4b* ve Švýcarsku.

V Maďarsku bylo v letech 1970 až 1992 testováno množství odrůd a linií s různými geny rezistence na odolnost k padlí a pouze geny *Pm4b* a *Pm4a* byly shledány účinnými (Szunics, Szunics, 1992) i když virulence ke genu *Pm4b* i ke kombinaci *Pm1+4b* v posledních letech stoupá (Mesterházy, 1994).

Českým odrůdám poskytuje dosud gen *Pm4b* střední až mírně vyšší odolnost v závislosti na kombinaci s dalšími geny rezistence a na rozdílném genetickém pozadí.

Gen *Pm4a*

Gen *Pm4a* je druhá alela lokusu *Pm4* a pochází také z tetraploidní pšenice, *Triticum dicoccum* (Schränk) Schülb. – kulturní dvouzrnky. Byl nalezen v indické linii Khapli, často používané ve šlechtění, a v jejím derivátu Yuma (*T. durum*). Hexaploidní linie získaná z Khapli – TP 309 – byla jedinou pšenicí odolnou ke všem tehdy známým evropským rasám (rok 1969). Další výzkumy už zjistily izoláty s virulencí k *Pm4a* (Bennett, 1984).

Dvouzrnka Khapli byla také v USA v polovině 60. let plně rezistentní, koncem 70. let už byla virulence ke genu *Pm4a* v USA i Kanadě běžná (Menzies et al, 1989).

V Itálii byla nalezena virulence ke genu *Pm4a* v roce 1978. Italské tvrdé pšenice včetně odrůdy Valgerardo – tzv. Val-skupina – byly do té doby v polních testech stabilně rezistentní a za svou odolnost vděčily genu *Pm4a*. Základem jejich šlechtění byla odrůda Khapli (Corazza, Ialongo, 1986).

Heun (1987) uvádí virulenci k *Pm4a* v severní části SRN. Na jihu Ukrajiny patří virulence ke genu *Pm4a* ke středně frekventovaným (Babajanc, Smiljanec, 1989). V epidemiologických podmínkách severozápadní části Ruska patří gen *Pm4* (spolu s *Pm6*, *Pm7* a *Mld*) k několika účinným genům odolnosti pšenice

k padlí (Lebeděva, 1986). V Maďarsku nebyla v letech 1990 až 1993 zjištěna virulence ke genu *Pm4a* (Mesterházy, 1994).

Odrůda Khapli a izogenní linie získaná přenesením genu *Pm4a* do genetického pozadí náchylné hexaploidní odrůdy Chancellor byly řadu let vysévány v mezinárodních školkách, kde byla izogenní linie vždy náchylnější než donor odolnosti. Moseman et al. (1980 – cit. Bennett, 1984) dokázal, že Khapli nese tři geny rezistence, zatímco její deriváty jen jeden gen. Při přenosech rezistence z *T. dicoccum* se často nepodaří přenést všechny geny; je to běžná zkušenost z pokusů o introdukci rezistence do pšenice z příbuzných druhů.

Gen *Pm5*

Recesivní gen odolnosti k padlí *Pm5* pochází také z *Triticum dicoccum*. Byl nalezen v odrůdě Hope, která je křížencem hexaploidní odrůdy Marquis a dvouzrnky Yaroslav. Odrůda Hope byla využívána v USA jako zdroj rezistence ke rzi travní a je součástí rodokmenu mnoha amerických běžně pěstovaných odrůd. Gen *Pm5* se zde jako zdroj odolnosti k padlí příliš neuplatnil a virulence k němu je běžná (Roy et al., 1981 – cit. Bennett, 1984). Rovněž v Evropě je gen *Pm5* zcela překonán virulentními rasami (Fried, Streckeisen, 1986; Szunics, Szunics, 1988 aj.).

Pozoruhodná je rezistence německé odrůdy Greif s kombinací genů *Pm5+6* (Felsenstein, 1991; Mesterházy, 1994). Odrůda Greif zůstává odolná, i když geny *Pm5* a *Pm6* byly jednotlivě překonány virulentními rasami.

Gen *Pm5* je v literatuře popsán jako termolabilní. Při teplotě 16–20 °C je účinný, ale při teplotě 24 °C podmiňuje slabě náchylnou reakci rostliny k patogenu (Futrell, Dickson, 1954 – cit. Lebeděva, 1986).

Gen s dočasným označením *Mli* byl zjištěn ve francouzské odrůdě ozimé pšenice Flanders. Reakcí k sérii izolátů padlí se lišil od všech dosud identifikovaných genů. Odrůda Flanders byla povolena ve Velké Británii v roce 1975, ale její rezistence se postupně snižovala v důsledku pěstování na velkých plochách (a tím rozšíření izolátu s odpovídající virulencí). Gen *Mli* byl nalezen také v odrůdě Rothwell Perdix, která se během tří let pěstování v 60. letech vyznačovala vysokou odolností (Bennett, 1984).

Německé odrůdy ozimé pšenice Kormoran, Urban, Rektor atd. získaly gen *Mli* zřejmě z linie DHE 516, z níž pochází také gen odolnosti typu *Kolibri-Mlk*. Později se ukázalo, že reakce k padlí podmíněné genem *Mli* se velmi podobají reakcím odrůd s genem *Pm5* (Heun, Fischbeck, 1987a). Heun a Fischbeck (1987b) získali u odrůdy Selpék výsledky, které odpovídají genu *Mli*, ale původ odrůdy nasvědčuje spíše přítomnosti genu *Pm5*. Gen *Pm5* je pravděpodobně identický s genem *Mli*.

Gen *Mld*

Gen *Mld* byl identifikován v tetraploidní pšenici *Triticum durum* a je zřejmě recesivní. Přes četné snahy šlechtitelů není z *T. durum* odvozeno mnoho odolných odrůd. Je to zřejmě podmíněno běžným pěstováním této pšenice a v důsledku toho i běžným výskytem virulence ke genu *Mld* v populaci patogena (Bennett, 1984). V Itálii, kde se *T. durum* pěstuje na velkých plochách, jsou tvrdé pšenice napadány padlím i za podmínek méně příznivých pro patogena. V roce 1985 zůstaly rezistentní jen dvě odrůdy tvrdé pšenice z Val-skupiny (gen *Pm4*) – Valforte a Valnova (Pasquini et al., 1986 – cit. Corazza, Ialongo, 1986). Řešení může přinést introdukce genů rezistence do pšenice tvrdé z příbuzných a planých druhů, jako jsou druhy *Aegilops* nebo *Dasyphyrum*, *T. dicoccum*, *T. monococcum* aj. Důkazem jsou dvě odrůdy *T. durum* – Belfuggito a Belvedere – s rezistencí přenesenou z *Agropyron intermedium* a *T. timopheevi*, které byly odolné jak v polních podmínkách, tak k izolátu padlí, který překonává většinu známých genů rezistence (Corazza, Ialongo, 1986).

Gen *Mld* se nachází v jarní odrůdě Maris Dove v kombinaci s *Pm2*. Odrůda ztratila svou vysokou rezistenci záhy po rozšíření virulentních ras padlí. Stejnou kombinaci genů rezistence má i německá odrůda Halle Stamm 13471, používaná jugoslávskými šlechtiteli jako zdroj rezistence (Bennett, 1984).

Gen *Pm8*

Rody příbuzné rodu *Triticum* byly často uvažovány jako možné zdroje rezistence k chorobám a z nich především žito (*Secale cereale* L.), které se osvědčilo při tvorbě pšenično-žitného křížence *Triticale*. Do pšenice byly translokací nebo substitucí vneseny geny odolnosti k padlí *Pm7* a *Pm8*. Prvním, kdo popsal substituci pšeničného chromozomu chromozomem ze žita, byl v roce 1937 Georg Kattermann (Zeller, 1973). Od té doby bylo uveřejněno mnoho prací zabývajících se přenosem odolnosti ze žita.

Ve 40. a 50. letech vznikaly v Německu pšenično-žitné substituce souběžně ve Weihenstephanu a v Salzmünde. Geny odolnosti v odrůdě Zorba, vyšlechtěné ve Weihenstephanu, byly účinné ke rzi travní (*Sr 31*), rzi pšeničné (*Lr 26*), rzi plevové (*Yr 9*) a padlí travnímu (*Pm 8*). Dalším křížením odrůdy Zorba vznikaly odrůdy s translokací 1BL/1RS, např. Benno, Feldkrone, Hamlet, Linos a Perseus (Zeller, 1973). Šlechtitelská práce v Salzmünde byla základem pro rozšíření odrůd s 1B/1R ve východní Evropě využitím linie Neuzucht v Krasnodaru (odrůdy Aurora, Kavkaz, Bezostaja 2 aj.). Z programu CIMMYT vzešly výkonné linie jarní pšenice Veery s translokací 1B/1R. Friebe et al. (1989 – cit. Lutz et al., 1992) přenesli translokaci 1B/1R z odrůdy Veery do odrůdy tvrdé pšenice Cando. Byly vybrány cytologicky stabilní linie *T. durum* s vyšší odolností k chorobám.

Stimulem pro využívání translokace/substituce 1B/1R byl kromě komplexní odolnosti k chorobám její vliv na výši výnosu (The, Standen, 1984 – cit. Bar-

toš et al., 1990). Naopak negativní vliv má segment žitného chromozomu nesoucí alelu Gld 1B3 na pekařskou kvalitu (Carver et al., 1991; Graybosch et al., 1991; Hýža, 1978; Jost, 1988, 1989; Lee et al., 1991, 1992; Moreno-Sevilla et al., 1992; Šašek, Bartoš, 1980).

Podíl odrůd s translokací nebo substitucí 1B/1R vzrostl v posledních 20 letech nejen v Evropě, ale vzhledem ke šlechtitelskému využití zdrojů rezistence s 1B/1R v programu CIMMYT – Mexiko i v Americe a Asii, kam CIMMYT své odrůdy vyváží (Bartoš, Stuchlíková, 1987). V Československu má translokaci 1B/1R více než jedna třetina povolených odrůd ozimé pšenice.

Během pěstování odrůd s translokací/substitucí 1B/1R se rozšířily rasy rzi pšeničné, rzi plevové a padlí travního překonávající geny rezistence odvozené od žita. Pouze rezistence ke rzi travní řízená genem *Sr* 31 zůstala účinná (Bartoš et al., 1992).

Virulence ke genu *Pm8* má v Evropě gradient V-Z, tj. opačný nežli gen *Pm2*. Nejnížší četnost virulence ke genu *Pm8* je ve Velké Británii a sousedních oblastech Evropy. Vysoký výskyt virulence v SRN (Sperling, Homeyer, 1988; Heun, 1987) při současném malém procentním zastoupení odrůd s genem *Pm8* se vysvětluje přenosem spor vzdušnými proudy ze sousedních zemí, kde je zastoupení odrůd s genem *Pm8* vysoké a dlouhodobé (Felsenstein, 1991). Virulence ke kombinacím *Pm4b+Pm8* a *Pm2+Pm4b+Pm8* je v Evropě málo častá (Limpert et al., 1987).

U řady odrůd s žitnou rezistencí (např. Florida, Heinrich, Olymp, Tjelvar, Agra, Sabina) se neprojevuje účinek genu *Pm8* a jeho přítomnost byla proto zpochybněna (Friebe et al., 1989; Lutz et al., 1992). Hybridologickými analýzami bylo v některých případech prokázáno, že odrůdy mají předpokládaný gen rezistence *Pm8*, ale jeho účinek je potlačen dominantním inhibitorem tohoto genu (Hanušová, Bartoš, 1994).

Gen *Pm7*

Gen *Pm7* byl přenesen do pšenice translokací chromozomu 2R odrůdy žita Rosen na chromozom 4A pšenice spolu s genem odolnosti ke rzi pšeničné (Zeller, 1973). Odrůdy s genem *Pm7* Transec a Transfed se běžně nepěstují vzhledem k výnosové depresi spojené s translokací. Vyšlechtění pšenice s genetickým pozadím, jež by translokace neovlivňovala, by mohlo problém vyřešit. V evropských zemích je však gen *Pm7* překonán virulentní rasou (Sperling, Homeyer, 1988; Heun, 1987; Szunics, Szunics, 1990), pouze ve Velké Británii byla zatím zjištěna jen nízká četnost virulence k tomuto genu (Wolfe, Kints, 1986). Lebeděva (1986) uvádí vysokou odolnost odrůdy Transec v severozápadní a severokavkazské oblasti bývalého SSSR.

Gen *Pm1*

Gen *Pm1* byl identifikován v hexaploidní pšenici – australské jarní odrůdě Thew a francouzské odrůdě Normandie. Je široce zastoupen v odrůdách běžně pěstova-

ných v Austrálii, kde je ve vazbě s geny odolnosti ke rzi travní *Sr 15* a rzi pšeničné *Lr 20* (Bennett, 1984). Evropské průzkumy ras (Wolfe, Schwarzbach, 1978; Felsenstein, 1991) i údaje ostatních autorů (např. Heun, 1987; Sperling, Homeyer, 1988) uvádějí vysoký výskyt virulence ke genu *Pm1*, ačkoliv používání genu *Pm1* bylo omezeno. Účinnost si zachovávají kombinace *Pm1+4* a *Pm1+2+9* (rezistence odrůdy Normandie).

Gen *Pm3*

Gen *Pm3* pochází z hexaploidní pšenice *T. aestivum*. V současné době je známo šest alel genu *Pm3* – *Pm3a* až *Pm3f*, v Evropě nebyla žádná z nich šlechtitelsky využita. Gen *Pm3b* popsal Heun (1987) jako jeden z mála efektivních genů v jižní části Německa, zatímco Szunics a Szunics (1992) v Maďarsku shledali všechny tři alely genu *Pm3* neúčinnými. V USA jsou geny *Pm3a* a *Pm3b* jako jediné ze sledovaných účinné k patogenu, a to na více než 50 % zkoumaných lokalit (Menzies et al., 1987). Na rozdíl od prvních dvou alel závisí projev genu *Pm3c* na tom, ve které fázi vývoje rostliny dojde k infekci (Lebeděva, 1986). Gen se jeví recesivním, je-li rostlina infikována ve fázi 1–2 listů, a dominantním, je-li infikována ve fázi 3–5 listů.

Gen rezistence k padlí pšenice jarní Kolibri a některých příbuzných odrůd (např. Ralle, Kadett, Herold a Syros) pochází z linie Heine 2174.50 a byl dočasně označen symbolem *MLK* (Heun, Fischbeck, 1989; Heun, Fischbeck, 1987b). Gen *MLK* byl použit při šlechtění finské odrůdy jarní pšenice Hankkija's Tapio, odolné při povolení, ale dnes již silně náchylné. Švédská odrůda Kadett, osvědčená v nejsevernějších oblastech Finska, má kromě genu *MLK* i gen *Pm1* a je i přes široké pěstování dosti odolná (Karjalainen, 1986). Gen *MLK* identifikovali v některých českých jarních pšenicích Lutz et al. (1992). Zeller et al. (1993) zjistili pomocí aproximativních analýz a alelických testů, že gen *MLK* je další alelou genu *Pm3* a nazvali jej *Pm3d*. Rezistenci australské pšenice linie W150 označili jako gen *Pm3e*, odolnost odrůdy Michigan Amber je podle stejných autorů řízena genem *Pm3f*.

Gen *Pm9*

Gen *Pm9* se podílí na rezistenci typu Normandie spolu s *Pm1* a *Pm2* (odrůdy Normandie a Mephisto). Tato kombinace se zdá šlechtitelsky zajímavá a její účinnost je připisována hlavně genu *Pm9*. Felsenstein et al. (1988) jsou opačného názoru. Dobrou odolnost vyvozují z působení genů *Pm1* a *Pm2*.

Gen *Pm17*

Gen *Pm17* pochází podobně jako geny *Pm7* a *Pm8* ze žita. Do odrůdy Amigo byl přenesen translokací části žitného chromozómu 1R, která nese i gen rezistence ke rzi travní. Virulence ke genu *Pm17* se v Evropě vyskytuje, např. v Maďarsku patří ke středně frekventovaným a v posledních letech stoupá (Mesterházy, 1994).

V USA podmiňuje gen *Pm17* rezistenci jak v klíčící fázi tak v dospělosti (Jarret et al., 1992; Griffey et al., 1993).

Geny *Pm10*, *Pm11*, *Pm13*, *Pm14* a *Pm15* nebyly v rezistentním šlechtění dosud využity. V Anglii byly získány linie s genem *Pm12* křížením odrůdy Wembley s *Aegilops speltoides* a linie s genem *Pm16* z křížení odrůdy Norman s *Triticum dicoccoides* (McIntosh et al., 1994). Jako gen *Pm18* byl označen gen rezistence k padlí travnímu v jedné z linií WhM1, linií M1N (McIntosh et al., 1993).

Metody využití major genů

Rychlá ztráta rezistence řízené major geny vede šlechtitele ke snaze udržet odolnost nově povolovaných odrůd po delší dobu. Je několik možností, jak opět využít přirozených regulačních mechanismů odolnosti zvýšením genetické diverzity hostitelské populace:

1. kombinací několika různých genů rezistence v jedné odrůdě,
2. tvorbou víceliniových odrůd,
3. použitím směsi odrůd s různými geny rezistence,
4. použitím směsi druhů obilnin,
5. regionálním střídáním odrůd,
6. postupným využíváním genů rezistence.

ad 1. Ke kombinaci více genů rezistence v jedné odrůdě se užívá konvergentní křížení, postup dosti časově náročný. V případě, že geny rezistence kombinované v jedné odrůdě jsou rozšířeny v populaci hostitele také individuálně, je tato metoda jen krátkodobým řešením problému evoluce patogena. Příkladem může být situace v rasovém spektru v zemích západní Evropy. Odrůdy, které se zde pěstují, mají často kombinovanou rezistenci (*Pm2+4b+6*, *Pm2+6+Mli*, *Pm2+6+8*), a přesto patogen vytvořil virulentní rasy díky své variabilitě.

ad 2. Víceliniová odrůda vznikne smícháním izogenních linií s různými geny odolnosti. Směs linií potlačuje počáteční zdroj infekce a současně omezuje postup infekce – má tedy charakter vertikální i horizontální rezistence. Rasa schopná napadat jen jednu z obsažených linií má pravděpodobnost, že se dostane na náchylnou rostlinu, pouze tak velkou, kolik procent ze směsi tvoří zmíněná linie. Naproti tomu rasa, která překoná všechny geny obsažené v jednotlivých liniích, se rozšíří na mnoholiniové odrůdě rychleji než na odrůdě s kombinací odpovídajících genů rezistence. Šlechtěním mnoholiniových odrůd se zabývali v USA, Mexiku a Kolumbii. Nedostatkem víceliniových odrůd jsou vysoké náklady a konzervativnost dalších agronomických vlastností kromě rezistence, neboť po dobu šlechtění (cca 10 let) se udržuje stále jeden fenotyp (Bartoš, 1979).

ad 3. Vytvoření směsi odrůd je založeno na stejném principu diverzifikace genů rezistence jako víceliniové odrůdy a na působení indukované rezistence. Předpokladem je dostatečné spektrum genů rezistence v povolených odrůdách. Evropské

odrůdy ječmene představují pestrou paletu nejrůznějších druhů rezistence, které je možné rozdělit až do 28 skupin s různým spektrem odolnosti (Torp et al., 1978 – cit. Brückner, 1984). Wolfe a Barret (1980 – cit. Bennett, 1984) předpokládají, že při dostatečné diverzitě hostitelské populace by směsi pšenice mohly dosáhnout stejné účinnosti jako odrůdové směsi ječmene v ochraně proti padlí. Odrůdové směsi ječmene se osvědčily v bývalé NDR, kde se tímto způsobem podařilo snížit napadení porostů a stabilizovat výnosy (Bartoš, 1991).

ad 4. Ve směsi různých druhů obilnin je podstatou omezení listových chorob především omezená možnost produkce a rozšiřování spor v důsledku redukované hustoty náchylných rostlin. Dále dochází ke změnám v látkové výměně rostlin působením inkompatibilních patogenů, které stimulují obranyschopnost rostliny vůči kompatibilním škůdcům (tzv. indukovaná rezistence). Velký vliv na vývoj patogena mají rovněž změny mikroklimatu, podmíněné rozdílnou architekturou rostlin. S různorodostí listových pater se mění vlhkost vzduchu, doba smáčení listů, rychlost proudění vzduchu. Pokusy s pěstováním směsi žito-pšenice a ječmen-oves popisuje Weltzien et al. (1988). V roce 1986 došlo ve směsi ječmen-oves k redukcí napadení listové plochy ječmene padlím o 10–50 % a výnos se zvýšil v průměru o 5 %.

ad 5. Různé geny lze střídát v předpokládaném areálu epidemie mozaikovitě. Je to metoda, která závisí na již zmíněné dostupnosti odrůd s různými geny rezistence. Jejich střídáním v prostoru se zmenší selekční tlak na patogena a zpomalí proces tvorby virulentních ras. Úspěšný systém regionální diverzifikace však vyžaduje spektrum odrůd s takovými geny rezistence, které dosud nebyly v širší míře využívány.

ad 6. Geny rezistence mohou být využívány v časové posloupnosti. To umožňuje postupné střídání odrůd s různým genetickým základem rezistence. Příkladem je postupné využívání linií s různými geny rezistence ječmene k padlí travnímu v Německu. Nové zdroje odolnosti získané z planých izraelských ječmenů a definované pomocí molekulárních markerů jsou šlechtitelům předávány postupně, aby se zpomalil proces vzniku virulentních ras v populaci patogena (Schönfeld et al., 1994).

Uvedené možnosti zvyšování genetické diverzity hostitelské populace jsou v současné době malou měrou využitelné ve šlechtění pšenice vzhledem k omezenému množství účinných genů rezistence, které jsou šlechtitelům k dispozici. Některé kombinace více genů rezistence, jednotlivě již málo účinných, mohou podmiňovat v českých a slovenských odrůdách vyšší odolnost k padlí, i když značný vliv zde má pravděpodobně genetické pozadí odrůdy.

Nespecifická odolnost

Rasově nespecifická odolnost je odolnost ke všem rasám patogena. Má kvantitativní charakter podmiňovaný minor geny a její úroveň je zpravidla nižší než rezistence specifické. Nespecifická rezistence je charakterizována kontinuální

proměnlivosti mezi odolnou a náchylnou reakcí. Její projev je proti rasově specifické odolnosti závislejší na vnějších podmínkách, jako je teplo, světlo a vlhkost. Geny odolnosti mohou mít různě velký účinek a jejich počet je velmi obtížné stanovit.

Nespecifickou odolnost podmiňují různé vlastnosti rostliny, jako je např. délka růstové fáze, v níž může na rostlině dojít k infekci, či morfologické znaky ovlivňující pronikání patogena do rostliny.

Nespecifickou odolnost je možné zjistit u odrůd, které nemají žádný specifický gen rezistence, nebo u odrůd, jejichž specifická odolnost byla překonána virulentními rasami patogena. Lze ji pozorovat buď u mladých rostlin v klíční fázi nebo v dospělosti, případně v obou etapách vývoje rostliny. Hodnocení nespecifické odolnosti bývá obtížné. Byly vypracovány metody na měření počtu infekčních ložisek na rostlině, délky inkubační doby, intenzity sporulace, klíčivosti spor. Nespecifická odolnost k padlí byla popsána např. u odrůdy Knox (maximální napadení při silném infekčním tlaku 30 %, kupky jsou menší, je jich menší počet (Bartoš et al., 1987).

Hlavní výhodou nespecifické odolnosti je její dlouhodobá účinnost. Např. německá odrůda Diplomat si zachovala odolnost po 10 let pěstování. Je to jediná odrůda, u které bylo prokázáno polygenní založení rezistence. Genetickými analýzami bylo určeno 14 chromozomů, které se na rezistenci odrůdy Diplomat podílejí (Chae, Fischbeck, 1979 – cit. Bennett, 1984).

Odolnost dlouhodobě účinná v podmínkách vhodných pro výskyt a šíření patogena je nazývána trvanlivou odolností. Mezi odrůdy s trvanlivou odolností patří anglická odrůda Maris Huntsman, která zůstala odolná po 8 let, i když byla pěstovaná ve Velké Británii na 30 % ploch, americké odrůdy Knox a Knox 62, italská odrůda Est Mottin, jejíž odolnost se nezměnila po 12 let pěstování (Bennett, 1984). V našich podmínkách je příkladem trvanlivé rezistence ukrajinská odrůda Mironovská 808. Její rezistenci se však nepodařilo přenést do kratších produktivnějších typů pšenice. Jsou známy i případy relativní trvanlivosti rezistence u odrůd s monogenním založením rezistence. Je to např. odrůda Capelle Desprez s odolností vůči *Cercospora herpotrichoides* (Lebeda et al., 1988), vůči padlí odrůdy Ador (odolnost typu Kenya Civet) a Fakir a Fakta (odolnost z *T. carthlicum*) (Porsche, 1989).

Genetická podstata trvanlivé rezistence může být velmi různorodá a patrně bude silně ovlivňována genetickým pozadím. Vzhledem k tomu, že poznatky o trvanlivé rezistenci je velmi málo, jsou i metody šlechtění ještě nedostatečně rozpracovány. Větší praktické využití trvanlivé rezistence bude vyžadovat dostatek nových poznatků, zvláště o zdrojích rezistence tohoto typu (Lebeda et al., 1980).

Zdroje odolnosti k padlí

Zdrojem výchozího materiálu pro šlechtění na odolnost jsou světové sbírky odrůd kulturních rostlin i planých druhů. Průkopnickou práci ve shromažďování ge-

nových zdrojů vykonal N. I. Vavilov expedicemi do oblastí původu kulturních rostlin, založením kolekce odrůd v někdejším Leningradě a teoretickými studiemi o centrech původu kulturních rostlin. Jeho teorie o dlouhodobé koevoluci patogenů s hostiteli vedoucí k selekci rezistentních forem v centru původu kulturních druhů umožnila soustředit pozornost při výběru zdrojů rezistence na určité oblasti.

V některých systémech hostitel-patogen je v genofondu kulturního druhu dostatek účinných genů rezistence, kdežto v jiných, jako jsou pšenice-rez pšeničná nebo pšenice-padlí travní, je v rámci daného druhu nedostatek účinných genů odolnosti a je třeba ve šlechtění na odolnost využívat i bohatství genofondu příbuzných planých nebo primitivních druhů. Přímé využití těchto příbuzných druhů v běžných šlechtitelských programech bývá problematické vzhledem ke specifickým rysům vzdálené hybridizace, jako jsou obtížná křížitelnost, semiletalita nebo úplná letalita vzdálených hybridů, jejich částečná nebo úplná sterilita a zcela nevyhovující fenotypy v počátečních generacích po vzdáleném křížení. Často se objevuje i úplná vazba přenášené odolnosti s některým nežádoucím znakem planého nebo primitivního druhu (Valkoun, Kučerová, 1987).

Zdroje odolnosti k padlí jsou omezené, většinou pocházejí z příbuzných druhů a vzhledem k velké variabilitě patogena jsou vesměs krátkodobě účinné. Ke vzdálené hybridizaci jsou využívány především primitivní druhy pšenic, známé svou odolností k padlí. Mains již v roce 1933 (Bennett, 1984) označil *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum* a *Triticum timopheevi* za potenciální zdroje odolnosti, které mohou být využity ke zlepšení kulturních pšenic.

Jedním z nejodolnějších druhů je kulturní pšenice jednozrnka - *Triticum monococcum* L. Ačkoliv je genom *T. monococcum* homologický s genomem hexaploidní pšenice, je přenos rezistence z *T. monococcum* do hexaploidního genomu spojen se značnými obtížemi. Řešením je vytvoření tzv. triploidního můstku s použitím tetraploidní pšenice *T. durum* a další křížení s tetraploidním rodičem. Kromě genů rezistence ke rzi travní a pšeničné byl touto metodou (Vardi, Zohari, 1967 – cit. Valkoun, Kučerová, 1987) přenesen i gen odolnosti k padlí *PmTml*. *Triticum dicoccoides* (Körn) Schweinf. je velmi vhodný, ale dosud málo využitý zdroj rezistence k padlí. Tento druh je planým předkem velké skupiny tetraploidních pšenic a tím i genomu A a B hexaploidních pšenic. Mnoho vzorků *T. dicoccoides* je vysoce rezistentních k padlí (Bennett, 1984). Do kulturních pšenic byly z *T. dicoccoides* přeneseny geny *Pm4a*, *Pm5*, *Pm16*. Z dalších druhů pšenic byla k přenosu genu odolnosti využita *T. timopheevi* (gen *Pm6*), *T. carthlicum* (*Pm4b*) a *T. durum* (*Mld*).

Plané formy a druhy tribu Triticeae, především rodu *Triticum* a *Aegilops*, představují potenciální genetické zdroje pro šlechtění a mohou být donorem genů rezistence pro kulturní hexaploidní pšenici. Rod *Aegilops* je perspektivním genetickým zdrojem nových vlastností pro pšenici proto, že je blízké příbuzný s rodem *Triti-*

cum. Jeden ze tří genomů pšenice seté *Triticum aestivum* L. pochází z rodu *Aegilops* (*Triticum tauschii* (COSS.) SCHMAL., syn. *Ae. squarrosa*).

Počet úspěšně přenesených genů rezistence je poměrně malý ve srovnání se škálou potenciálně využitelných znaků, zjištěných u rodu *Aegilops*. Širšímu využití vzdálené hybridizace brání přenos nežádoucích genů s nepříznivými vedlejšími účinky. Přenos genů je ovlivněn větší nebo menší cytogenetickou afinitou mezi některými genomy *Aegilops* sp. a *T. aestivum* L. Úroveň párování chromozómů rozhoduje při výběru metody přenosu genu (Feldman, 1979 – cit. Valkoun et al., 1985). Řada genotypů *Ae. speltoides* je schopna inaktivovat *Ph* gen (supresor párování) v hexaploidní pšenici a indukovat tak homoeologní párování chromozómů v křížencích s pšenicí (Valkoun et al., 1985). Genotypy *Ae. speltoides* s komplexní rezistencí k listovým chorobám jsou proto cenným potenciálním zdrojem rezistence.

Rod *Aegilops* se ve světě intenzivně studuje a hledají se nejsnazší cesty k jeho využití ve vzdálené hybridizaci. Vznikají databáze při genových bankách a mezinárodní databáze při mezinárodních organizacích a centrech (IBPGR, ICARDA), které evidují pasportní a popisná data za účelem lepšího využití genetických zdrojů (Holubec et al., 1979).

Rezistence k padlí získaná translokací nebo substitucí chromozomu nebo části chromozomu žita (*Secale cereale* L.) je běžně využívána. Gen *Pm8* byl do pšenice přenesen translokací nebo substitucí 1B/1R spolu s geny odolnosti ke rzi travní, pšeničné a plevové. Gen odolnosti k padlí *Pm7* spolu s genem odolnosti ke rzi pšeničné byl získán translokací 2R/4A, která je spojena s výnosovou depresí, jež zabraňuje hospodářskému využití. Heun a Friebe (1989) zjistili, že žitný chromozom 6R podmiňuje rezistenci ke všem použitým izolátům padlí. Rezistenci nazvali MLP6L (nyní *Pm20*) a popsali způsob jejího přenosu do pšenice s pomocí translokační linie 6BS/6RL. Gen *Pm17* je lokalizován na translokaci 1A/1R (např. odrůda Amigo).

Ve šlechtitelských programech jsou využívány i jiné druhy čeledi Poaceae. V Itálii se např. zabývají introdukcí faktorů rezistence z *Dasyphyrum villosum* (L.) P. Gandergy (= *Haynaldia villosa* (L.) Schur) (Corraza, Ialongo, 1986).

Kromě přirozených zdrojů rezistence se vytvářejí geny rezistence indukovanými mutacemi.

Pro racionální využívání různých genů rezistence jsou organizovány rozsáhlé mezinárodní pokusy s kolekcemi obilnin (např. CIMMYT, Mexiko), jež umožňují sledovat účinnost zdrojů rezistence i k patotypům, které se vyskytují v jiných geografických areálech, a odhadovat tak dlouhodobost jejich účinnosti (Lebeda et al., 1980).

Perspektivy šlechtění na odolnost k padlí

Padlí travní jako obligátní parazit pšenice nabylo na významu s rozšířením geneticky uniformních krátkostébelných odrůd pšenice, s aplikací vysokých dávek

hlavně dusíkatých hnojiv, s použitím morforegulátorů a závlah. Ty umožnily rozšíření patogena i do suchých teplých oblastí, pro něho dříve nepříznivých. Ačkoliv toto období znamenalo i zvýšení zájmu o fyziologickou specializaci patogena a hledání rezistentních materiálů pro šlechtitelskou práci, bylo nalezeno relativně málo vhodných a efektivních zdrojů rezistence, částečně také v důsledku volné výměny a tudíž duplikace materiálů mezi pracovišti. Došlo k situaci, že v populaci hostitele převládá několik málo genů odolnosti. Selektce ras patogena, které tyto geny překonávají, proběhne velmi rychle a nové odrůdy ztrácejí během krátké doby odolnost. Využití specifické mono- nebo oligogenně založené rezistence tedy neřeší definitivně, nýbrž pouze dočasně problém padlí na pšenici. Cílem šlechtitelských programů je déletrvající odolnost dosažená jak kombinací major genů, tak spojením různých typů rezistence.

Optimální pro šlechtění na specifickou rezistenci by byla tvorba odrůd s větší škálou různých major genů odolnosti, které je možné diverzifikovat v čase a prostoru. To naráží na nedostatek vhodných zdrojů rezistence. V posledních letech se projevil zvýšený zájem o šlechtění na nespecifickou rezistenci, i když je to postup dosud méně běžný a je spojen s metodickými potížemi. Je třeba vyvinout metody a přístroje, které usnadní výběry na nespecifickou rezistenci a umožní provádět genetické analýzy této rezistence. Žádoucím cílem je spojení specifické a nespecifické rezistence v jednom genotypu.

Základním předpokladem šlechtění na specifickou i nespecifickou rezistenci je dostupnost vhodných zdrojů rezistence, tj. vyhledávání nových zdrojů rezistence v genofondu planých druhů a introdukce do kulturních plodin. Z tohoto hlediska je významné uchování co nejširšího genofondu kulturních a planých druhů ve světových sbírkách genových bank.

Současným trendem v zemích ES, usilujícím o snižování nákladů na zemědělskou výrobu je zavádění tzv. low-input odrůd. To předpokládá šlechtění na odolnost souboru chorob, na vyšší výkonnost organismu, který lépe využívá hnojiva a přírodní podmínky, a na delší životnost odrůdy (Bartoš, Foltýn, 1990). Šlechtění „low-input“ odrůd na odolnost k chorobám umožní omezení nákladů na ochranu prováděním odrůdově cílené ochrany bez zbytečných aplikací a tím zatěžování životního prostředí pesticidy nebo pěstování plodin bez chemické ochrany.

Literatura

- BABAJANC, L. T. – SMILJANEC, S. P.: Rasové spektrum padlí (*Erysiphe graminis*, f.sp. *tritici* March.) na jižní Ukrajině a odrůdová odolnost pšenice. Ref., Porada KOC RVHP, Oděsa, 1989.
- BARTOŠ, P.: Ochrana rostlin: Odolnost zemědělských rostlin k chorobám. [Skriptum.] Praha, VŠZ, SPN 1979.

- BARTOŠ, P.: Odolnost zemědělských rostlin k chorobám. [Skriptum.] Praha, VŠZ 1991.
- BARTOŠ, P. – FOLTÝN, J.: Low-input odrůdy. Cest. zpráva ze zasedání Sdružení rakouských šlechtitelů. Gumpenstein 1990.
- BARTOŠ, P. – STUHLÍKOVÁ, E.: Odrůdová odolnost pšenice s žitnou rezistencí (1B/1R) ke rzi pšeničné. Genet. a Šlecht., 23, 1987: 97–104.
- BARTOŠ, P. – STUHLÍKOVÁ, E. – HANUŠOVÁ, R.: Wheat leaf and stem rust virulences in Czechoslovakia (1970–1990). Votr. Pflanzenzüchtg., 24, 1992: 91–93.
- BENNETT F. G. A. – PINK, D. A. C. – KINTS, T. M. C., van: Powdery mildew of wheat. Ann. Rep. Plant Breed. Inst., Cambridge, UK, 1981: 90–92.
- BENNETT, F. G. A. – KINTS, T. M. C., van: Powdery mildew of wheat, Ann. Rep. Plant. Breed. Inst., Cambridge, UK, 1982: 90–92.
- BENNETT, F. G. A.: Resistance to powdery mildew in wheat: A review of its use in agriculture and breeding programmes. Plant Pathol., 33, 1984: 279–300.
- BRÜCKNER, F.: Genetické základy a metody šlechtění ječmene na rezistenci proti padlí travnímu. Studijní zpráva ÚVTIZ, Praha, 1984.
- CARVER, B. F. – DOUGHERTY, D. A. – SMITH, E. L.: Development and initial evaluation of genetic stocks differing for the 1B/1R translocation. Annual Wheat Newsletter, 37, 1991: 163–164.
- ČAČA, Z. a kol.: Zemědělská fytopatologie. Praha, SZN 1981.
- CHAE, Y. A. – FISCHBECK, G. W.: Genetic analysis of powdery mildew resistance in wheat cultivar Diplomat. Z. Pfl.-Zücht., 83, 1979: 272–280.
- CORAZZA, L. – IALONGO, M. T.: Wheat and barley powdery mildew in Italy. Proc. Sem.: Integrated control of cereal mildews: Monitoring the pathogen. Freising-Weihenstephan, BRD, 1986: 83–88.
- DAY, P. R.: Genetics of host-parasite interaction. San Francisco, 1974.
- FELDMAN, M.: Genetic resources of wild wheats and their use in breeding. Monografie di Genet. Agraria, 4, 1979: 9–26.
- FELSENSTEIN, F. G.: Virulenz und Fungizidsensitivität des Weizenmehltaus, *E. graminis* DC f. sp. *tritici* Marchal, in Europe. [Disertační práce.] TU München, Lehrstuhl für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising-Weihenstephan, 1991.
- FELSENSTEIN, F. G. – LIMPET, E. – FISCHBECK, G.: Wheat mildew in Europe: virulence analysis for improvement of disease control. In: Proc. Sem.: Integrated control of cereal mildews: Monitoring the pathogen. Freising-Weihenstephan BRD, 1986: 49–56.
- FELSENSTEIN, F. G. – LIMPET, E. – FISCHBECK, G.: Hinweise für Resistenzzüchtung, Anbau resistenter Sorten und den Einsatz von Fungiziden aus der Analyse von Weizenmehltaupopulationen in Europa. Votr. Pflanzenzüchtg., 13, 1988: 57–69.

- FRANK, J. A. – COLE, H. Jr. – HARTLEY, O. E.: The effect of planting date on fall infections and epidemics of powdery mildew on winter wheat. *Plant Dis.*, 72, 1988: 661–664.
- FRAUENSTEIN, K. – MEYER, H. – WOLFRAM, H.: Pathotypen von *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal und *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *hordei* Marchal in Europa. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz*, Berlin, 15, 1979: 391–399.
- FRIEBE, B. – HEUN, M. – BUSHUK, W.: Cytological characterization, powdery mildew resistance and storage protein composition of tetraploid and hexaploid 1BL/1RS wheat-rye translocation lines. *Theor. Appl. Genetics*, 78, 1989: 425–432.
- FRIED, P. M. – STRECKEISEN, P.: Virulence analysis of powdery mildew of wheat collected from different cultivars in Switzerland, 1980–1985. *Proc. Sem.: Integrated control in cereal mildews: Monitoring the pathogen*. Freising-Weihenstephan, BRD, 1986: 113–116.
- FUTRELL, M. C. – DICKSON, J. D.: The influence of temperature on the development of powdery mildew on spring wheat. *Phytopathology*, 44, 1954: 247.
- GRAYBOSH, R. A. – PETERSON, C. J. – SHELTON, D. R.: Comparative quality effects of 1BL/1RS and 1AL/1RS translocations. *Ann. Wheat Newsletter*, 37, 1991: 152.
- GRIFFEY, C. A. – DAS, M. K. – BRANN, D. E. – STROMBERG, E. L. – HERBERT, D. A. – JOHNSON, J. M.: Wheat production and research in Virginia in 1992. *Annual Wheat Newsletter*, 39, 1993: 359–360.
- HANIŠOVÁ, A. – HANIŠ, M. – KNYTL, V.: Srovnání stability odolnosti pšenice ke rzi plevové a padlí travnímu. *Sbor. Ref. Šlechtění pšenice na odolnost k chorobám*. Stupice, 1989: 27–38.
- HANUŠOVÁ, R.: Odolnost českých povolených odrůd a novošlechtění pšenice ozimé k padlí travnímu (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal). *Genet. a Šlecht.*, 29, 1993: 205–216.
- HANUŠOVÁ, R. – BARTOŠ, P.: Genetics of powdery mildew resistance in Czech and Slovak wheat cultivars. In: *Proc. 3rd Cereal Mildew Workshop, COST 817, Zürich/Kappel am Albis 1994* (v tisku).
- HARVEY, T. L. – MARTIN, T. J. – LIVERS, R. W.: Resistance to biotype C greenbug in synthetic hexaploid wheats derived from *Triticum tauschii*. *J. Econ. Entomology*, 73, 1980: 387–389.
- HEUN, M.: Virulence frequencies influenced by host resistance in the host-pathogen system wheat-powdery mildew. *J. Phytopathol.*, 118, 1987: 363–366.
- HEUN, M. – FISCHBECK, G.: Identification of wheat powdery mildew resistance genes by analysing host-pathogen interactions. *Plant Breed.*, 98, 1987a: 124–129.
- HEUN, M. – FISCHBECK, G.: Genes for powdery mildew resistance in cultivars of spring wheat. *Plant Breed.*, 99, 1987b: 282–288.
- HEUN, M. – FISCHBECK, G.: Inheritance of the powdery mildew resistance *Mlk* in wheat. *Plant Breed.*, 103, 1989: 262–264.

- HEUN, M. – FRIEBE, B.: Introgression of powdery mildew resistance from rye into wheat. *Phytopathology*, 80, 1989: 242–245.
- HOVMOELLER, M. S.: Virulence frequencies in powdery mildew populations (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* and *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) in Denmark 1987. *Tidsskr. Planteavl.*, 91, 1987: 375–386.
- HOVMOELLER, M. S.: Virulence frequencies in powdery mildew populations (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* and *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) in Denmark 1988. *Tidsskr. Planteavl.*, 92, 1988: 375–383.
- HOLUBEC, V. – KOSTKANOVÁ, E. – ROGALEWICZ, V.: Studium kolekce druhů rodu *Aegilops*. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV, 1989.
- HUSZÁR, J. – JÁNOŠOVÁ, M. – VANČO, B.: Virulencia huby *Erysiphe graminis* DC f. sp. *tritici* Marchal na území Slovenska v rokoch 1989–1992. In: Sbor. Ref. XIII. česká a slovenská Konf. Ochr. Rostl. v Praze 1994: 165.
- HÝŽA, V.: Reologické vlastnosti těsta a elektroforetická spektra omega-gliadinů u evropských genotypů pšenice. *Rostl. Výr.*, 24, 1978: 819–831.
- JARRETT, R. E. – LEATH, S. – MURPHY, J. P.: Items from North Carolina. *Ann. Wheat Newsl.*, 38, 1992: 258–259.
- JOERGENSEN, J. H. – HOVMOELLER, M. S.: Distribution of powdery mildew resistance and virulence in Denmark. In: *Proc. Sem.: Integrated control of cereal mildews: Monitoring the pathogen*. Freising-Weihenstephan 1986: 43–48.
- JOERGENSEN, J. H. – JENSEN, C. J.: Genes for resistance to wheat powdery mildew in derivatives of *T. timopheevi* and *T. carthlicum*. *Euphytica*, 21, 1972: 121–128.
- JOST, M.: “Sticky-dough” related to 1B/1R translocation. *Ann. Wheat Newsl.*, 34, 1988: 169–170.
- JOST, M.: Effect of 1B/1R translocation on bread making quality. *Ann. Wheat Newsl.*, 35, 1989: 220.
- KARJALAINEN, R.: The powdery mildew situation on barley and wheat in Finland. In: *Proc. Sem.: Integrated control of cereal mildews: Monitoring the pathogen*. Freising-Weihenstephan 1986: 61–66.
- KIRÁLY, Z. – KLEMENT, Z. – SOLYMOSY, F. – VÖRÖS, J.: *Methods in plant pathology*. Budapest, Akadémiai Kiadó 1970.
- LEBEDA, A. – BARTOŠ, P. – JENDRULEK, T.: Šlechtění rostlin na odolnost k chorobám. In: Sbor. ČSAZ, č. 120, 1980.
- LEBEDĚVA, T. V.: Genetic study of resistance to powdery mildew in wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). *Genetika*, XXII, 1986: 2303–2309.
- LEE, J. H. – GRAYBOSH, R. A. – PETERSON, C. J.: Improving the quality of 1RS wheats. *Ann. Wheat Newsl.*, 37, 1991: 152–153.
- LEE, J. H. – GRAYBOSH, R. A. – PETERSON, C. J.: Improving the quality of 1RS wheats. *Ann. Wheat Newsl.*, 38, 1992: 253.

- LIMPERT, E. – FELSENSTEIN, F.G. – ANDRIVON, D.: Analysis of virulence in populations of wheat powdery mildew in Europe. J. Phytopathol., 120, 1987: 1–8.
- LUTZ, J.: Mehltreueresistenz in *Aegilops squarrosa* L. - Evaluierung, Gentransfer sowie Expression und Vererbung in synthetischen Weizenlinien. [Disert. práce.] TU Mnichov, 1991.
- LUTZ, J. – HSAM, L. K. – LIMPERT, E. – ZELLER, F. J.: Chromosomal location of powdery mildew resistance genes in *Triticum aestivum* L. (common wheat). 2. Genes *Pm2* and *Pm19* from *Aegilops squarrosa* L. Heredity, 74, 1995: 152–156.
- LUTZ, J. – LIMPERT, E. – BARTOŠ, P. – ZELLER, F. J.: Identification of powdery mildew resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum* L.). 1. Czechoslovakian cultivars. Plant Breed., 108, 1992: 33–39.
- MAINS, E. B.: Host specialization of *Erysiphe graminis tritici*. Proc. Nat. Akad. Sci., Washington, 19, 1933: 49–53.
- McINTOSH, R. A.: Catalogue of gene symbols for wheat. Proc. IWGS, Cambridge 1988.
- McINTOSH, R. A. – BAKER, E. P.: Cytogenetical studies in wheat. 10. Chromosome location and linkage studies involving the *Pm2* locus for powdery mildew resistance. Euphytica, 19, 1970: 71–77.
- McINTOSH, R. A. – HART, G. E., GALE, M. D.: Catalogue of gene symbols for wheat 1989: supplement. Annual Wheat Newsl., 35, 1989: 231–242.
- McINTOSH, R. A. – HART, G. E. – GALE, M. D.: Catalogue of gene symbols for wheat 1990: supplement. Ann. Wheat Newsl., 36, 1990: 243–257.
- McINTOSH, R. A. – HART, G. E. – GALE, M. D.: Catalogue of gene symbols for wheat 1991: supplement. Ann. Wheat Newsl., 37, 1991: 200–216.
- McINTOSH, R. A. – HART, G. E. – GALE, M. D.: Catalogue of gene symbols for wheat 1992: supplement. Ann. Wheat Newsl., 38, 1992: 303–322.
- McINTOSH, R. A. – HART, G. E. – GALE, M. D.: Catalogue of gene symbols for wheat, supplement. Ann. Wheat Newsl., 39, 1993: 400–417.
- McINTOSH, R. A. – HART, G. E. – GALE, M. D.: Catalogue of gene symbols for wheat, supplement. Ann. Wheat Newsl., 40, 1994: 362–375.
- MENZIES, J. G. – MacNEILL, B. H. – GANG, P.: Virulence spectrum of *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* in southern Ontario in 1986 and 1987. Can. J. Pl. Pathol., 11, 1989: 148–153.
- MORENO-SEVILLA, B. – BAENZIGER, P. S. – PETERSON, C. J. – GRAY-BOSH, R. A.: Effect of 1B/1R on agronomic performance. Ann. Wheat Newsl., 38, 1992: 251.
- MOSEMAN, J. G. – BAENZIGER, P. S. – KILPATRICK, R. A.: Relationship of genes conditioning resistance to *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* in wheat. In: Proc. of the 3rd Intern. Wheat Conf., 1980: 507–517.

MRÁZ, F.: Genetické zdroje pšenice odolné k houbovým chorobám. [Závěrečná zpráva.] Kroměříž, VŠÚO 1988.

MRÁZ, F.: Dynamika vývoje spektra fyziologických ras padlí travního u pšenice v Československu. In: Sbor. Ref.: Šlechtění pšenice na odolnost proti chorobám. Stupice 1989: 17–26.

MÜLLER, P.: Untersuchungen zur Biologie des Echten Mehltaus an Winterweizen und Wintergersten unter kontrollierten Bedingungen. 5. Int. Symp.: Schaderreger der Getreideproduktion, Halle, 1987, Tag.-Ber. AdL, DDR, Berlin, 271, 1988: 173–176.

PASQUINI, M. – BIANCOLATTE, E., CECCHI, V. – VALLI, M. – CALCAGNO, F. – IUDICELLO, P. – LENDINI, M. – CORAZZA, L. – ROMANI, M. – ARDUINI, F.: Prove epidemiologiche 1985–86: comportamento in campo rispetto alle malattie di frumenti duri e teneri. L'Informatore Agrario, 39, 1986: 77–84.

PORSCH, W.: Züchtung auf stabile Mehltausresistenz bei Winterweizen. In: Sbor. Ref.: Šlechtění pšenice na odolnost proti chorobám. Stupice 1989.

ROYER, M. H. – ELLIOT, V. J. – ROOSE, D. I. – FRIED, P. M. – NELSON, R. R. – MacKENZIE, D. R.: Virulence patterns of *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* from 1976–1980 in Pennsylvania. Phytopathology, 71, 1981: 901.

SCHÖNFELD, M. G. – FISCHBECK, G. – JAHOR, A.: Identifizierung und Lokalisierung der Mehltausresistenzgene aus der Wildgerste und deren möglicher Einsatz in der Resistenzzüchtung. Vortr. Pflanzenzücht., 28, 1994, 184–186.

SPERLING, U. – HOMEYER, CH.: Ergebnisse der Virulenzanalysen des Weizenmehltaus (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) der Jahre 1983 bis 1987. 5. Int. Symp.: Schaderreger der Getreideproduktion, Halle, 1987, Tag.-Ber. AdL, DDR, Berlin, 271, 1988: 189–192.

STRECKEISEN, P. – FRIED, P.M.: Virulenzanalyse im Weizenmehltau in der Schweiz in den Jahren 1981–1983. Schweiz. Landw. Fo., 24, 1985: 261–269.

SZUNICS, L. – SZUNICS, L.: Vliv pěstovaných odrůd na populaci ras padlí. 5. Internat. Symp.: Schaderreger der Getreideproduktion, Halle, 1987, Tag.-Ber. AdL, DDR, Berlin, 271, 1988: 185–188.

SZUNICS, L. – SZUNICS, L.: Use of resistance genes in the biological plant protection against wheat powdery mildew. Növénytermelés, 39, 1990: 1–9.

ŠAŠEK, A. – BARTOŠ, P.: Gliadinová spektra odrůd pšenice s 1B/1R translokací nebo substitucí. Genet. a Šlecht., 16, 1980: 243–251.

THE, D. – STANDEN, G.: National wheat rust control programme. Ann. Rep., Pl. Breed. Inst. Univ. Sydney, 1984: 29–33.

TORP, J. – JENSEN, H. P. – JOERGENSEN, J. H.: Powdery mildew resistance genes in 106 Northwest European spring barley varieties. Royal veter. and agric. Univ., Copenhagen, Denmark, Yearbook, 1978: 75–102.

URBAN, Z. – KALINA, T.: Systém a evoluce nižších rostlin. Praha, SPN 1980.

VALKOUN, J. – HAMMER, K – KUČEROVÁ, D. – BARTOŠ, P.: Disease resistance in the genus *Aegilops* L. – stem rust, leaf rust, stripe rust and powdery mildew. *Kulturpflanze*, 33, 1985: 133–153.

VALKOUN, J. – KUČEROVÁ, D.: Chromozómová lokalizace genu *LrTm 1* a přenos genu *SrTm 2* z *Triticum monococcum* do *Triticum aestivum*. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1987.

VARDI, A. – ZOHARI, D.: Introgression in wheat via triploid hybrids. *Heredity*, 22, 1967: 541–560.

WELTZIEN, H. C. – TRÄNKNER, A. – MELLER, V.: Artenmischungen bei Getreide – ein Element des integrierten Pflanzenschutzes. 5. Internat. Symp.: Schaderreger der Getreideproduktion, Halle, 1987. Tag.-Ber. AdL, DDR, Berlin, 271, 1988: 283–287.

WOLFE M. S.: Physiologic specialization of *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* in the UK. *Brit. Mycol. Soc. Trans.*, 48, 1965: 315–326.

WOLFE, M. S. – SCHWARZBACH, E.: Patterns of race changes in powdery mildews. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 16, 1978: 159–180.

WOLFE, M. S. – BARRETT, J. A.: Can we lead the pathogen astray? *Plant Dis.*, 64, 1980: 148–155.

WOLFE, M. S. – KINTS, T. M. C., van: Populations of the wheat mildew pathogen in UK. In: *Proc. Sem.: Integrated control in cereal mildews: Monitoring the pathogen*. Freising- Weihenstephan, 1986: 137–142.

ZELLER, F. J.: 1B/1R wheat-rye chromosome substitutions and translocations. In: *Proc. 4th Intern. Wheat Genet. Symp. Missouri Agr. Exp. Sta., Columbia*, 1973: 209–222.

ZILLINSKI, F. J.: Common diseases of small grain cereals. A guide to identification. CIMMYT, 1983.

Kontaktní adresa:

Ing. Renata Hanušová, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby,
161 06 Praha 6-Ruzyně, Česká republika, tel.: 02/360 851, fax: 02/365 228

Instructions for authors

Manuscripts in duplicate should be addressed to: RNDr. Marcela Braunová, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic.

Authors have full responsibility for the contents of their papers, including any correction made by the editors. The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

Original papers should not consist of more than 12 typewritten pages (2-linespacing), short communications may not exceed 3 typewritten pages. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

Abstract is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keynotes. It is published in the language the paper is written in, it should comprise base numerical data including statistical data. Each manuscript must contain a short or a longer summary.

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

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

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

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

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

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

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

OBSAH – CONTENTS

Foltýn J., Košner J.: Původ zdvojených klásků typu duospiculum v klasu pšenice obecné (<i>Triticum aestivum</i> L.) – Origin of doubled spikelets of duospiculum type in the spike of common wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	81
Škorpík M., Šíp V., Chrpová J.: Geny zakrslosti v českých a slovenských odrůdách pšenice ozimé vykazujících necitlivost na giberelin – The gibberellic acid insensitive dwarfing genes in the Czech and Slovak winter wheat varieties	91
Klem K., Tvarůžek L.: Studium virulence v populaci padlí travního na pšenici (<i>Erysiphe graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>) na území ČR v roce 1994 – A study of virulence in the Powdery mildew population in wheat (<i>Erysiphe graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>) on the territory of the Czech Republic in 1994	99
Sýkorová S.: Elektroforetická spektra esterů a kyselých fosfatů zrna povolených odrůd ječmene setého (<i>Hordeum vulgare</i> L.) – Electrophoretic patterns of esterases and acid phosphatases in grains of registered barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cultivars	113

AKTUALITY – NEWS

Chloupek O., Ehrenbergerová J.: Analýza variance pomocí „stírání“ – Analysis of variance by “sweeping”	123
--	-----

PŘÍLOHA – SUPPLEMENT

Hanušová R.: Specifická odolnost pšenice k padlí travnímu (<i>Erysiphe graminis</i> DC. f. sp. <i>tritici</i> Marchal) – Specific resistance of wheat to powdery mildew (<i>Erysiphe graminis</i> DC. f. sp. <i>tritici</i> Marchal)	137
--	-----

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Ehrenbergerová J.: Čtvrté zasedání šlechtitelů v Brně	128
Špunar J.: 45. konference svazu rakouských šlechtitelů	129
Hanušová R., Bartoš P.: Třetí pracovní zasedání o integrované ochraně proti padlí travnímu na obilninách v Evropě	133

ŽIVOTNÍ JUBILEA

Stehno Z.: Životní jubileum ing. Ivo Bareše, DrSc.	135
---	-----

Vědecký časopis GENETIKA A ŠLECHTĚNÍ ♦ Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha ♦ Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/251 098, fax: 02/257 090, e-mail: braum@uzpi.agrec.cz ♦ Sazba a tisk: ÚZPI Praha ♦ © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1995

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