

AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE FERRUGEM DA FOLHA E FERRUGEM DO COLMO EM CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO EM AVEIA¹

MÁRCIO PAIM MARIOT², MARIA JANE CRUZ DE MELO SERENO³, LUIZ CARLOS FEDERIZZI⁴ e FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO⁵

RESUMO - A espécie selvagem *Avena sterilis* L. tem sido utilizada em cruzamento com cultivares de *Avena sativa* L. para aumentar a variabilidade genética e transferir características agronômicas importantes, principalmente resistência à ferrugem-da-folha (*Puccinia coronata avenae*) e à ferrugem-do-colmo (*Puccinia graminis avenae*). Foi conduzido um experimento na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, com o objetivo de avaliar a incidência natural destas moléstias no campo, em cultivares de aveia cultivada (UFRGS-7, UFRGS-8 e UPF-7), em introduções selvagens de *Avena sterilis* (I-377, I-378 e I-ARG) e em gerações segregantes oriundas do cruzamento interespecífico, e verificar a possibilidade de transferência deste caráter dos genótipos selvagens para os cultivados. Genes de resistência, principalmente à ferrugem-da-folha, foram transferidos das introduções selvagens I-377 e I-378 para *Avena sativa*. Foi evidenciada, também, a possibilidade de segregação transgressiva com vistas a resistência, em alguns cruzamentos.

Termos para indexação: *Avena sativa*, *Avena sterilis*, moléstia, melhoramento genético.

EVALUATION OF THE INCIDENCE OF LEAF RUST AND STRAW RUST IN OAT INTERSPECIFIC CROSSINGS

ABSTRACT - The wild species *Avena sterilis* L. has been employed for crossing with *Avena sativa* L. cultivars in order to increase the genetic variability and to transfer the important agronomic characteristics, mainly the resistance to leaf rust (*Puccinia coronata avenae*) and to stem rust (*Puccinia graminis avenae*). An experiment was conducted at the Agronomic Experimental Station from UFRGS, to evaluate the natural incidence of these diseases in the field in cultivated oat cultivars (UFRGS-7, UFRGS-8 and UPF-7), in wild introductions of *Avena sterilis* (I-377, I-378 and I-ARG) and in segregative generations from interspecific crossing in the purpose of verifying the possibility of transferring this wild genotype character for the cultivated ones. Genes for resistance, mainly to leaf rust, were transferred from wild genotypes I-377 and I-378 to *Avena sativa*. The possibility of transgressive segregation for resistance in some crossings was also evidenced.

Index terms: *Avena sativa*, *Avena sterilis*, disease, genetic breeding.

¹ Aceito para publicação em 19 de março de 1998.

Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à UFRGS, Porto Alegre, RS.

² Eng. Agr., M.Sc., Rua Álvaro Chaves, 363, CEP 96010-760 Pelotas, RS.

³ Bióloga, Dr^a, Dep. de Plantas de Lavoura, Fac. de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 91509-900 Porto Alegre, RS.

⁴ Eng. Agr., PhD., Dep. de Plantas de Lavoura, Fac. de Agronomia, UFRGS.

⁵ Eng. Agr., PhD., Dep. de Fitotecnia, Fac. de Agronomia Eliseu Maciel, UFPEL, Caixa Postal 354, CEP 96001-970 Pelotas, RS.

INTRODUÇÃO

O uso de espécies selvagens em cruzamento interespecífico amplia a variabilidade genética e introduz genes específicos de importância agronômica. A UFRGS tem utilizado a espécie selvagem *Avena sterilis* L. em cruzamentos artificiais com variedades de *Avena sativa* L. em programas de melhoramento de aveia.

Avena sterilis, assim como *Avena sativa*, pertence ao grupo hexaplóide ($2n=6x=42$) e apresenta alta afinidade com a espécie cultivada; híbridos férteis são obtidos com facilidade (Holden, 1979; Tavares et al., 1993).

Resistência a moléstias é a principal característica introduzida nas culturas por meio de cruzamentos interespecíficos. Muitos exemplos de progresso existem na literatura com relação a várias espécies, principalmente de cereais (Brar & Khush, 1986; Goodman et al., 1987). Sharma & Gill (1983) relacionaram diversas introduções de resistência a moléstias em trigo cultivado, oriundas de genótipos selvagens, principalmente à ferrugem-da-folha e à ferrugem-do-colmo.

Em aveia, Thomas et al. (1975) introduziram resistência ao míldio (*Erysiphe graminis avenae*) de *Avena barbata* para uma cultivar suscetível de *Avena sativa* mediante uma linha de adição cromossômica.

A herança da resistência à ferrugem-da-folha em *Avena sterilis* foi estudada por Fleischmann & McKenzie (1968). Os autores observaram, na maioria dos cruzamentos, a presença de um gene simples dominante que conferia a resistência. Resultados semelhantes foram obtidos por Fleischmann et al. (1971) e Harder et al. (1990), com relação à ferrugem-da-folha e à ferrugem-do-colmo.

Associação genética entre resistência à ferrugem-da-folha e rendimento de grãos de aveia foi observado por Frey & Browning (1971) ao estudarem linhagens de um programa de retrocruzamento envolvendo genótipos selvagens que eram isogênicos, exceto com relação a genes que condicionavam reação à ferrugem-da-folha. Houve respostas de aumento no rendimento nos genótipos em que o gene para resistência foi doado de *Avena sterilis*, e decréscimo quando o gene foi doado de *Avena strigosa*.

Em híbridos originários do cruzamento entre introduções de *Avena sterilis* e cultivares sul-brasileiras de aveia, realizado por Tavares (1991), não foi evidenciada a ocorrência de ferrugem-da-folha e de ferrugem-do-colmo.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a incidência natural de ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo em genótipos de aveia cultivada (*Avena sativa*), de aveia selvagem (*Avena sterilis*) e em gerações segregantes oriundas do cruzamento interespecífico, e verificar a possibilidade de transferência de genes de resistência das introduções selvagens para as progênes.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da incidência natural de ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo foram realizadas em genótipos de *Avena sativa* L. (UFRGS-7, UFRGS-8 e UPF-7), *Avena sterilis* L. (I-377, I-378 e I-ARG) e em gerações segregantes oriundas do cruzamento interespecífico (Tabela 1). As cultivares UFRGS-7 e UFRGS-8 são originárias do programa de melhoramento de aveia da Faculdade de Agronomia da UFRGS e a UPF-7 da Universidade de Passo Fundo. As introduções selvagens I-377 e I-378 são oriundas de Israel e a I-ARG da Argentina, todas introduzidas no Brasil pelos Estados Unidos.

TABELA 1. Gerações segregantes obtidas para cada cruzamento interespecífico envolvendo genótipos cultivados e introduções selvagens de aveia. UFRGS, 1993.

Cruzamento	Gerações
UFRGS 7 x I-377	F ₂ , F ₃ , RC ₁ F ₂ e RC ₁ F ₃
UFRGS 7 x I-378	F ₂ , F ₃ , RC ₁ F ₂ e RC ₁ F ₃
UFRGS 8 x I-377	F ₂ e F ₃
UFRGS 8 x I-378	F ₂ e F ₃
UPF 7 x I-377	F ₂ e F ₃
UPF 7 x I-378	F ₂ e F ₃
UPF 7 x I-ARG	F ₂ e F ₃

Os cruzamentos interespecíficos foram realizados por Tavares (1991) em 1988 e 1989, com genótipos de *Avena sativa* como planta mãe, além de um retrocruzamento, em 1989, desta espécie, originando a geração RC₁F₁, obteve-se, por autofecundação da F₁, a geração F₂. A partir do híbrido F₁, RC₁F₁ e da geração segregante F₂ foram obtidas as gerações RC₁F₂, RC₁F₃, F₃ e um aumento da população F₂. As cultivares de *Avena sativa* e introduções selvagens de *Avena sterilis* foram caracterizadas como gerações P₁ (Pai 1) e P₂ (Pai 2), respectivamente.

O experimento foi instalado em área do Departamento de Plantas de Lavoura, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS.

O preparo do solo para semeadura constou de aração e gradagem, e a adubação foi feita de acordo com as recomendações do laboratório de análise de solos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Os tratamentos (cruzamentos) foram instalados em delineamento de blocos completamente casualizados, com as gerações dentro de cada parcela totalmente casualizada, com duas repetições para cada cruzamento.

A semeadura foi realizada com espaçamento de 0,30 m entre linhas e 0,30 m entre plantas. As linhas eram de 3 m de comprimento, e foram semeadas dez sementes por linha. Foram semeadas, também, quatro linhas de cada genótipo parental, por cruzamento, e nas gerações segregantes F₂, RC₁F₂ e RC₁F₃ o número de linhas variou de acordo com a disponibilidade de sementes. Cada família da geração F₃, originária de uma planta F₂, foi semeada em duas linhas por repetição.

Foram feitas duas adubações nitrogenadas em cobertura: a primeira, no início do afilhamento, e a segunda, vinte dias após a primeira aplicação, na dosagem de 52 kg/ha de N na forma de uréia distribuída manualmente.

A incidência de ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo foi analisada, em cada planta individualizada, através de escala adaptada de Stakman & Harrar (1968), com utilização das seguintes notas, de acordo com avaliação visual: 0 - muito resistente; 1 - resistente; 2 - moderadamente resistente; 3 - moderadamente suscetível; 4 - suscetível e 5 - muito suscetível. Posteriormente, para melhor interpretação dos resultados, as classes foram simplificadas em resistentes (notas 0 e 1); intermediárias (notas 2 e 3) e suscetíveis (notas 4 e 5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A alta incidência de ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo durante o desenvolvimento do experimento permitiu uma boa avaliação dos níveis de resistência às moléstias nos genótipos estudados. Foi verificada uma ampla variabilidade genética com relação à incidência destas duas moléstias, pela frequência de plantas resistentes, intermediárias e suscetíveis nas diferentes gerações analisadas (Tabelas 2 e 3).

Com relação à ferrugem-da-folha, as cultivares de *Avena sativa* L. e a introdução selvagem I-ARG mostraram suscetibilidade, enquanto I-377 e I-378 (*Avena sterilis* L.) revelaram resistência, pela não-incidência do sintoma na maioria das plantas (Tabela 2). Estes mesmos genótipos cultivados apresentaram respostas diferentes em trabalho realizado por Tavares (1991), onde ocorreram variações na intensidade de ferrugem-da-folha entre cultivares. Estas diferenças de respostas provavelmente ocorreram em função da diversidade de ambiente e de raças do patógeno entre os dois experimentos. Entretanto, os genótipos I-377 e I-378 apresentaram a mesma resposta, em ambos os experimentos, caracterizando resistência.

Genes de resistência à ferrugem-da-folha foram transferidos dos genótipos selvagens I-377 e I-378 para as progênes; encontrou-se um grande número de plantas resistentes nos cruzamentos realizados, principalmente nas combinações de UPF-7 com I-377 e I-378. Os cruzamentos UFRGS-7 x I-378, UFRGS-8 x I-378 e UPF-7 x I-ARG apresentaram maior frequência de plantas suscetíveis, em todas as gerações segregantes. As combinações UFRGS-7 com I-377, UFRGS-8 com I-377 e UPF-7 com I-377 mostraram respostas diferenciadas entre as gerações segregantes.

O cruzamento UPF-7 x I-ARG apresentou menor frequência de plantas resistentes nas gerações segregantes, o que pode ser explicado pela suscetibilidade de ambos os pais. Entretanto, houve um número elevado de plantas com incidência intermediária da moléstia e algumas resistentes, podendo ter ocorrido escape do período de maior infecção, por terem sido de ciclo mais longo, ou então houve ação de complementação dos genes das duas espécies, caracterizando herança transgressiva para resistência.

Quanto à ferrugem-do-colmo, as cultivares de *Avena sativa*, UFRGS-7 e UFRGS-8 e todos os genótipos selvagens foram suscetíveis, enquanto UPF-7 foi intermediária (Tabela 3). Estes mesmos genótipos, entretanto, não apresentaram incidência desta moléstia no experimento desenvolvido por Tavares (1991), com exceção de I-377, que apresentou os sintomas, mas com intensidade bem menor que o mostrado neste trabalho. Estas diferenças de respostas evidenciam novamente a grande influência do ambiente sobre a incidência das moléstias, limitando a observação de resistência e suscetibilidade nos genótipos.

Foi evidenciada uma maior proporção de plantas suscetíveis e intermediárias nos cruzamentos avaliados; entretanto, a frequência de plantas resistentes nas gerações segregantes foi intensa em contraste com a alta suscetibilidade à ferrugem-do-colmo de ambos os pais. É possível que tenha ocorrido segregação transgressiva para resistência através de recombinação dos genótipos parentais, pela ação de complementação entre os genes dos genótipos cultivados e introduções selvagens. A resistência através de recombinação de genes também foi evidenciada por Welsh (1937) ao obter plantas resistentes num cruzamento entre duas cultivares suscetíveis.

As relações hospedeiro:patógeno e o ambiente determinam o tipo de reação às moléstias (Mackey, 1986), onde a resistência e a suscetibilidade dependem da constituição genética tanto do hospedeiro quanto do patógeno.

Ficou evidenciada a presença de genes de resistência à ferrugem-da-folha nas introduções selvagens I-377 e I-378, pela alta frequência de plantas resistentes num ambiente de elevada infecção da moléstia (Tabela 2). Entretanto, quanto à ferrugem-do-colmo (Tabela 3), o patógeno apresentou alta virulência, ou os genótipos

não apresentaram genes de resistência às raças existentes. Segundo Simons & Murphy (1961), apesar de o melhoramento varietal ser a melhor forma de controle da ferrugem-do-colmo, as fontes de resistência são limitadas. Além disso, o patógeno da ferrugem-do-colmo pode ter apresentado uma vantagem seletiva e adaptativa maior do que o da ferrugem-da-folha.

TABELA 2. Freqüência (número de plantas) da incidência de ferrugem-da-folha (*Puccinia coronata avenae*) nos genótipos parentais e nas gerações segregantes dos cruzamentos interespecíficos em aveia. UFRGS, 1993.

Cruzamento	Geração	Classes ¹			Total de plantas
		R	I	S	
UFRGS 7 x I-377	P ₁	0	0	62	62
	P ₂	27	1	1	29
	F ₂	20	16	27	63
	F ₃	11	24	190	225
	RC ₁ F ₂	3	5	12	20
	RC ₁ F ₃	57	36	31	124
UFRGS 7 x I-378	P ₁	0	0	61	61
	P ₂	16	3	5	24
	F ₂	10	16	34	60
	F ₃	42	27	165	234
	RC ₁ F ₂	5	5	11	21
	RC ₁ F ₃	1	8	20	29
UFRGS 8 x I-377	P ₁	0	0	65	65
	P ₂	27	0	0	27
	F ₂	5	14	14	33
	F ₃	58	23	47	128
UFRGS 8 x I-378	P ₁	0	0	57	57
	P ₂	30	0	0	30
	F ₂	25	22	71	118
	F ₃	97	160	269	526
UPF 7 x I-377	P ₁	0	0	38	38
	P ₂	25	0	0	25
	F ₂	32	16	22	70
	F ₃	154	40	201	395
UPF 7 x I-378	P ₁	0	0	43	43
	P ₂	40	0	0	40
	F ₂	66	21	24	111
	F ₃	269	56	141	466
UPF 7 x I-ARG	P ₁	0	0	38	38
	P ₂	0	0	16	16
	F ₂	0	6	124	130
	F ₃	30	173	321	524

¹ R: Resistente; I: Intermediário; S: Suscetível.

Assim, *Avena sterilis* demonstrou ser uma fonte de genes importantes em programas de melhoramento de aveia que visam introduzir resistência à ferrugem, como salientado por Fleischmann & McKenzie (1968). Além disso, foram obtidas plantas resistentes sem caracteres indesejáveis do tipo selvagem, sendo úteis para cruzamento com linhagens promissoras com vistas a caracteres agrônômicos importantes.

TABELA 3. Freqüência (número de plantas) da incidência de ferrugem-do-colmo (*Puccinia graminis avenae*) nos genótipos parentais e nas gerações segregantes dos cruzamentos interespecíficos em aveia. UFRGS, 1993.

Cruzamento	Geração	Classes ¹			Total de plantas
		R	I	S	
UFRGS 7 x I-377	P ₁	0	0	62	62
	P ₂	0	0	29	29
	F ₂	4	16	43	63
	F ₃	10	22	193	225
	RC ₁ F ₂	0	1	19	20
	RC ₁ F ₃	8	25	91	124
UFRGS 7 x I-378	P ₁	0	0	61	61
	P ₂	1	3	20	24
	F ₂	12	11	37	60
	F ₃	32	48	154	234
	RC ₁ F ₂	5	2	14	21
	RC ₁ F ₃	7	4	18	29
UFRGS 8 x I-377	P ₁	0	0	65	65
	P ₂	0	1	26	27
	F ₂	2	9	22	33
	F ₃	49	33	46	128
UFRGS 8 x I-378	P ₁	0	0	57	57
	P ₂	0	14	16	30
	F ₂	19	64	45	118
	F ₃	164	301	61	526
UPF 7 x I-377	P ₁	0	38	0	38
	P ₂	0	9	17	26
	F ₂	4	7	59	70
	F ₃	37	60	298	395
UPF 7 x I-378	P ₁	0	43	0	43
	P ₂	0	0	40	40
	F ₂	6	59	46	111
	F ₃	126	222	118	466
UPF 7 x I-ARG	P ₁	0	38	0	38
	P ₂	0	0	16	16
	F ₂	14	54	62	130
	F ₃	66	191	267	524

¹ R: Resistente; I: Intermediário; S: Suscetível.

CONCLUSÕES

1. As introduções selvagens I-377 e I-378 são genótipos resistentes à ferrugem-da-folha.
2. As progênies dos cruzamentos envolvendo as introduções selvagens I-377 e I-378 apresentam genes de resistência à ferrugem-da-folha oriundos destes genótipos.
3. Entre os genótipos parentais avaliados, nenhum é resistente à ferrugem-do-colmo.
4. As gerações segregantes oriundas do cruzamento interespecífico apresentam plantas resistentes à ferrugem-do-colmo, caracterizando uma possível segregação transgressiva.

REFERÊNCIAS

- BRAR, D.S.; KHUSH, G.S. Wide hybridization and chromosome manipulation in cereals. In: EVANS, D.A.; SHARD, W.R.; AMMIRATO, P.V. **Handbook of plant cell culture**. New York: Macmillan, 1986. p.224-263.
- FLEISCHMANN, G.; MCKENZIE, R.I.H. Inheritance of crown rust resistance in *Avena sterilis* L. **Crop Science**, Madison, v.8, p.710-713, 1968.
- FLEISCHMANN, G.; MCKENZIE, R.I.H.; SHIPTON, W.A. Inheritance of crown rust resistance in *Avena sterilis* L. from Israel. **Crop Science**, Madison, v.11, p.451-453, 1971.
- FREY, K.J.; BROWNING, J.A. Association between genetic factors for crown rust resistance and yield in oats. **Crop Science**, Madison, v.11, p.757-760, 1971.
- GOODMAN, R.; HAUPTLI, H.; GROSSWAY, A.; KNAUF, V. Gene transfer in crop improvement. **Science**, New York, v.36, p.48-54, 1987.
- HARDER, D.E.; CHONG, J.; BROWN, P.D.; MARTENS, J.W. Inheritance of resistance to *Puccinia coronata avenae* and *Puccinia graminis avenae* in an accession of *Avena sterilis* L. from Spain. **Genome**, Ottawa, v.33, p.198-202, 1990.
- HOLDEN, J.H.W. Oats. *Avena* spp. (Gramineae-Aveneae). In: SIMMONDS, N.W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. New York: Longman, 1979. 339p.
- MACKKEY, J. Genetic interaction and breeding strategies in relation to fungal cereal diseases. In: SIDDIQUI, K.A.; FARUQUI, A.M. **New genetical approaches to crop improvement**. Karachi: PIDC Printing Press, 1986. p.303-325.
- SHARMA, H.C.; GILL, B.S. Current status of wide hybridization in wheat. **Euphytica**, Wageningen, v.32, p.17-31, 1983.
- SIMONS, N.O.; MURPHY, H.C. Oat diseases. In: COFFMAN, F.A. **Oats and oat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1961. p.330-390.
- STAKMAN, E.C.; HARRAR, J.G. **Princípios de patologia vegetal**. Buenos Aires: EUDEBA, 1968. 603p.
- TAVARES, M.J.C.M.S. **Variabilidade genética em *Avena sativa* L., *Avena sterilis* L. e em seus híbridos**: avaliações agronômicas, morfológicas, citogenéticas e eletroforéticas. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 141p. Tese de Doutorado.
- TAVARES, M.J.C.M.S.; ZANETTINI, M.H.B.; CARVALHO, F.I.F. de. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.499-507, abr. 1993.
- THOMAS, H.; LEGGETT, J.M.; JONES, T. The addition of a pair of chromosomes of the wild oat *Avena barbata* (2n=28) to the cultivated oat *Avena sativa* L. (2n=42). **Euphytica**, Wageningen, v.24, p.717-724, 1975.
- WELSH, J.N. The synthetic production of oat varieties resistant to race 6 and certain other physiologic races of oat stem rust. **Canadian Journal of Research, Section C: Botanical Sciences**, Ottawa, v.21, p.58-69, 1937.