

Controle genético da resistência parcial à ferrugem da folha em aveia (*Avena sativa* L.)

Genetic control of partial resistance of crown rust in oat (*Avena sativa* L.)

Marta Martins Barbosa-Prestes^I Luiz Carlos Federizzi^{II} Sandra Cristina Kothe Milach^{II}
Jose Antônio Martinelli^{II}

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram descrever a variabilidade para resistência parcial à ferrugem da folha em populações segregantes, bem como estudar o controle genético envolvido na expressão da resistência. As avaliações de severidade da doença foram realizadas em 1998, 1999 e 2000, seguindo a escala modificada de Cobb. Os resultados de três anos de estudo evidenciaram que, apesar da grande influência do ambiente na expressão da resistência, as populações segregantes apresentaram grande variabilidade para resistência parcial. A distribuição de frequências da Área Sob a Curva do Progresso da Doença (ASCPD) em gerações avançadas foi contínua para o caráter, indicando a presença de vários genes de pequeno efeito em seu controle. As estimativas de herdabilidade variaram de moderadas a altas.

Palavras-chave: *Puccinia coronata*, resistência durável, resistência quantitativa.

ABSTRACT

The objectives of this research were to describe the variability regarding partial resistance to leaf rust in segregating populations and to study genetic control of the resistance expression. The evaluation of disease was done at 1998, 1999 and 2000, according to modified Cobb's scale. The results of three years studies showed that regardless the great environmental effect on the expression of resistance, the segregating population presented great variability for partial resistance. The frequency distribution of AUDPC for advanced generations, was continuous for this trait, indicating the presence of several genes of small effects controlling the disease. The estimatives of heritability varied from moderate to high.

Key words: *Puccinia coronata*, durable resistance, quantitative resistance.

INTRODUÇÃO

Resistência parcial é uma forma de resistência incompleta e resulta da interação de alguns componentes: menor capacidade de infecção, maior período de latência, menor tamanho de pústula e menor área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) (PARLEVLIE, 1979). A utilização da ASCPD permite identificar níveis de resistência e auxilia na identificação e na caracterização de genótipos com progresso lento da doença. Tal componente tem sido muito utilizado para quantificar resistência parcial e pode ser revisado em JEGER & VILJANEN-ROLLINSON (2001). Estudos com *Avena sterilis* (SZTEJNBERG & WAHL, 1976), *A. byzantina* (LUKE et al., 1975) e linhagens não adaptadas de *A. sativa* (SIMONS, 1975) relatam que resistência parcial à ferrugem da folha em aveia é de herança poligênica e de herdabilidade moderada a alta. Em genótipos brasileiros, há evidências de genes de pequeno efeito neste controle (THOMÉ, 1999).

Os objetivos deste trabalho foram identificar a variabilidade existente para o progresso lento da ferrugem da folha, através da estimativa da ASCPD, bem como determinar o controle genético envolvido na expressão dessa resistência, em populações segregantes do cruzamento "UFRGS7"/"UFRGS910906", em condições naturais.

MATERIAL E MÉTODOS

O material inicial do trabalho foi obtido de cruzamentos anteriormente realizados entre a cultivar

^IUniversidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Rua Fiorentino Bachi, 311, 900840-000, Sananduva, RS, Brasil. E-mail: marta-barbosa@uergs.edu.br. Autor para correspondência.

^{II}Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil.

“UFRGS7” e a linhagem “UFRGS910906”. Tais genitores foram escolhidos do programa de melhoramento genético de aveia da UFRGS por apresentarem consistentemente, durante vários anos, altos e baixos valores de ASCPD, respectivamente. Gerações F_2 , F_3 , F_4 , F_5 e F_6 , bem como os genitores, foram conduzidos em campo, sob semeadura direta na palha, e submetidos à infecção natural pelo agente causal da ferrugem da folha da aveia (*Puccinia coronata*) em 1998, 1999 e 2000. Em 1998, semearam-se 200 sementes F_2 , espaçadas de 20cm. Nos anos subsequentes, foi semeada uma linha de cada genótipo das gerações F_3 , F_4 , F_5 e F_6 , com 20 sementes por linha e espaçamento de 20cm entre plantas e 30cm entre linhas. Foram também conduzidas e avaliadas duas linhas de cada genitor, em três repetições. Para o estudo da variabilidade, utilizou-se a ASCPD e, para o estudo do controle genético, realizaram-se análises de frequência, de componentes de variância, de componentes de médias e estimativas de herdabilidade, utilizando-se os dados de severidade da ferrugem da folha.

Quanto à avaliação da severidade da ferrugem da folha, a partir da infecção natural, os genitores e as populações segregantes foram avaliados visualmente para severidade da infecção, através da estimativa da porcentagem de área foliar infectada do afilho principal, com auxílio da escala modificada de Cobb (PETERSON, 1948). Cada avaliação obedeceu a um intervalo de sete dias, correspondente à duração do ciclo biológico de *P. coronata*, nas condições do Sul do Brasil.

Em 1998, foram avaliados os genitores e a população segregante F_2 (183 plantas) e, em 1999, os genitores e as gerações F_3 (103 linhas) e F_4 (95 linhas). As plantas de cada linha de ambas as gerações foram colhidas separadamente, e uma planta ao acaso de cada linha foi semeada em dezembro de 1999, em telado, para avanço de geração no verão e obtenção de sementes F_5 e F_6 . Em 2000, foram avaliados os genitores, 92 linhas F_5 e 91 linhas F_6 .

Análise estatística

Área sob a curva do progresso da doença (ASCPD)

O progresso da ferrugem da folha foi quantificado através do cálculo da ASCPD, pela equação de DAS et al. (1992), a qual faz uma relação entre a severidade da doença e a evolução da doença no tempo:

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

Em que: n=número de avaliações; x_i =severidade da ferrugem na data t_i ; x_{i+1} =severidade da ferrugem na data

t_{i+1} ; t_i =data da avaliação e t_{i+1} =data de avaliação seguinte a t_i . A partir da ASCPD, foram construídos gráficos de frequências para as gerações.

Componentes de variância

A partir dos dados obtidos na avaliação de severidade da ferrugem da folha, calcularam-se as variâncias: fenotípica (V_P), genética (V_G) e ambiental (V_E), utilizando-se as equações de ALLARD (1960): $V_E = \sqrt{V_{P1} \times V_{P2}}$ e $V_G = V_{F2} - V_E$ e $V_P = V_{F2}$.

Componentes de médias

Para esta estimativa, utilizou-se o Teste de Escala Conjunta, baseado no modelo de aditividade-dominância proposto por CAVALLI (1952 – citado por MATHER & JINKS, 1984). O modelo de três parâmetros foi testado para os genitores e as gerações F_3 e F_4 , em 1999, e genitores e gerações F_5 e F_6 , em 2000.

Estimativas de herdabilidade

A herdabilidade no sentido amplo (h^2a) foi estimada pela equação de ALLARD (1960): $h^2a = V_{F2} - V_E / V_{F2}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Severidade da ferrugem da folha

Em 1998, as médias para os genitores UFRGS7 (37,96%) e UFRGS910906 (35,07%) foram semelhantes, sendo que as médias para a população segregante F_2 foram entre 26 e 48% (Tabela 1). A semelhança entre os valores de médias observados para os dois genitores pode ser explicada pela alta severidade da doença em 1998, a qual iniciou muito cedo no campo, propiciada por condições climáticas favoráveis à multiplicação do fungo e ao aumento do inóculo na lavoura, infectando plantas suscetíveis e resistentes. Uma explicação para esse resultado foi discutida por SHANER (1996), que relatou a possibilidade de interferência entre linhas, a qual ocorre quando linhas parcialmente resistentes recebem quantidades excessivas de inóculo de linhas próximas suscetíveis, podendo a resistência parcial ser mascarada pelo alto fluxo de inóculo. A variância entre plantas foi alta em 1998, com valores de 19,52 e 22,67 para os genitores, respectivamente, refletindo a alta contribuição do componente ambiental na expressão do caráter. A variância entre plantas para a população F_2 foi de 29,04. Se este valor for comparado à variância entre plantas dos genitores, observa-se que esses valores foram semelhantes. Essa semelhança indica que, em gerações iniciais, a seleção para resistência parcial à ferrugem da folha da aveia pode ser dificultada,

Tabela 1 - Médias, variâncias e área total sob a curva do progresso da doença (ASCPD) da severidade da ferrugem da folha da aveia avaliadas nos parentais (UFRGS 7e UFRGS 910906) e nas populações segregantes, nos anos de 1998, 1999 e 2000, sob condições naturais de infecção.

Geração	N ^o de plantas avaliadas	Média da área foliar infectada (%)	Intervalo entre as médias	Variância fenotípica	ASCPD
1998					
UFRGS7*	30	37,96	28 – 45	19,52	1319
UFRGS910906 *	20	35,07	26 – 43	22,67	1207
F ₂ *	197	37,06	26 – 48	29,04	898 – 1763
1999					
UFRGS 7*	30	3,71	0,4 – 9,8	3,97	131
UFRGS910906*	30	1,44	0,3 – 7,3	2,83	54
F ₃ **	1030	1,64	0,1 – 17,6	4,43	4 – 644
F ₄ **	950	2,70	0,08 – 8,8	4,56	2 – 343
2000					
UFRGS 7*	20	26,51	26,5 – 29,2	2,76	874
UFRGS910906*	15	1,78	1,4 – 2,4	0,12	52
F ₅ **	644	12,04	2,5 – 32,6	34,59	86 – 1173
F ₆ **	637	15,43	2,07 – 37,8	45,46	71 – 1417

* Entre plantas ** Entre linhas.

porque características quantitativas podem sofrer maior influência do ambiente em gerações iniciais, devido à heterozigose. Apesar da semelhança entre os genitores, a população F₂ apresentou variabilidade para o progresso da moléstia, com valores entre 898 e 1.763 (Tabela 1).

Em 1999, a ferrugem começou mais tarde no campo e a infecção foi menor que em 1998, com médias de 3,71% para UFRGS7 e 1,44% para UFRGS910906, com variâncias de 3,97 e 2,83, respectivamente (Tabela 1). A população F₃ apresentou médias entre 0,1% e 17,6%, e variância entre linhas de 4,43. A população F₄ apresentou médias entre 0,08% e 8,8%, e variância entre linhas de 4,56. A ASCPD foi de 131 para UFRGS7 e 54 para UFRGS910906, apresentando diferença significativa. As populações F₃ e F₄ mostraram grande variabilidade para o caráter, variando entre 4 e 644 na F₃ e entre 2 e 343 na F₄ (Tabela 1). Essa diferença nos níveis de infecção é muito importante, porque significa variabilidade disponível para a seleção.

Outro aspecto que pôde ser observado nas duas populações foi a presença de segregação transgressiva, com linhas segregando tanto para menor, quanto para maior curva do progresso da doença. Segundo TANKSLEY (1993), a causa para este tipo de segregação pode ser decorrente do acúmulo, em certas progênies, de alelos complementares herdados dos dois parentais.

Em 2000, a diferença entre os parentais foi evidenciada claramente, com médias de 26,51% (UFRGS7) e 1,78% (UFRGS910906). A amplitude das

médias esteve entre 2,5% – 32,6% para F₅ e entre 2,07% – 37,8% para F₆ (Tabela 1), evidenciando a presença de grande variabilidade para o caráter. Estes resultados reforçam os de MELLO et al. (1998), que encontraram diferenças quanto à reação à ferrugem da folha entre os genótipos UFRGS7 e UFRGS910906.

A variância entre plantas foi baixa para os genótipos parentais no ano de 2000, sendo de 2,76 para UFRGS7 e de 0,12 para UFRGS910906. Porém, a variância aumentou acentuadamente entre linhas segregantes, sendo 34,59 na população F₅ e 43,41 na população F₆. Alta variância entre linhas em gerações avançadas é esperada devido ao aumento da homozigose dentro das linhas, o que torna plantas dentro da mesma linha semelhantes e plantas de linhas diferentes distantes entre si. Esses resultados indicam que a seleção entre linhas, em gerações avançadas, pode ser mais efetiva que entre plantas, em gerações iniciais.

Os valores de ASCPD diferenciaram claramente os genótipos UFRGS7 (874) e UFRGS910906 (52) no ano de 2000. Da mesma forma, CHAVES et al. (2001), estudando componentes de resistência parcial nos mesmos genótipos, caracterizaram UFRGS7 como alta ASCPD e UFRGS910906 como baixa ASCPD.

Na geração F₅ os valores de ASCPD estiveram entre 86 – 1173 e, na geração F₆, entre 71 – 1410, evidenciando grande variabilidade para a característica. A curva do progresso da doença para a cultivar “UFRGS7” foi pronunciada, atingindo altos valores de área foliar infectada, enquanto que a curva

para UFRGS910906 evidenciou um progresso lento da moléstia, permanecendo em baixos valores de infecção. As linhas segregantes F_5 e F_6 mostraram diferentes comportamentos quanto ao nível de infecção. Os resultados indicam que diferentes níveis de resistência à ferrugem da folha estão presentes nos genótipos parentais e, principalmente, nas populações segregantes deste estudo, podendo-se selecionar linhas com diferentes valores de ASCPD.

Controle genético da resistência parcial

Componentes de variância

Os valores das variâncias fenotípica (V_P), genética (V_G) e ambiental (V_E), nos anos de 1998, 1999 e 2000, são apresentados na tabela 2.

Em 1998, a estimativa da porção genética (V_G) para o caráter área foliar infectada foi baixa na população F_2 . A estimativa da V_E foi de 21, evidenciando elevada porção do componente ambiental na expressão do caráter. Em 1999, a V_E apresentou um valor baixo (3,4), porém a severidade da doença foi também baixa, sendo que as populações segregantes apresentaram variâncias de 4,43 (F_3) e 4,58 (F_4). No ano de 2000, a V_E foi novamente baixa (1,45), demonstrando ser responsável por uma pequena porção da variância fenotípica total nas populações segregantes, as quais apresentaram variâncias fenotípicas de 34,84 (F_5) e de 44,20 (F_6), entre linhas. Tais estimativas permitiram medir a porção ambiental e a porção genética, presentes na expressão do caráter de resistência parcial à ferrugem da folha da aveia, nas populações segregantes deste estudo.

Distribuição de frequências da ASCPD

As distribuições de frequências dos genitores e das populações F_2 , F_3 , F_4 , F_5 e F_6 nos três anos de avaliação estão representadas na figura 1. A

alta severidade da ferrugem em 1998 não permitiu uma separação clara entre os genótipos parentais quanto ao nível de resistência à ferrugem da folha. Porém, na F_2 (Figura 1A), pôde-se observar a presença de variabilidade para o caráter. Em 1999, a severidade foi baixa, o que fez com que a maioria dos indivíduos nas populações F_3 e F_4 se concentrassem à esquerda do gráfico, em virtude dos baixos valores de ASCPD ocorridos naquele ano (Figuras 1B e 1C). Em contrapartida, no ano de 2000, foi possível distinguir o genótipo UFRGS7 do genótipo UFRGS910906, sendo que as populações segregantes mostraram uma distribuição contínua para o caráter (Figuras 1D e 1E). Esses resultados reforçam os relatos de THOMÉ (1999) de valores de ASCPD intermediários para UFRGS910906. Esta distinção permite considerar a presença de diferentes níveis de resistência entre os genitores e indica que a presença de vários níveis de resistência dentro das populações F_5 e F_6 se deve a diferenças genéticas dos indivíduos parentais e não somente à variação do ambiente. A distribuição contínua dos dados nas populações segregantes indica a presença de vários genes de pequeno efeito no controle do caráter resistência parcial à ferrugem da folha em UFRGS910906.

Componentes de médias

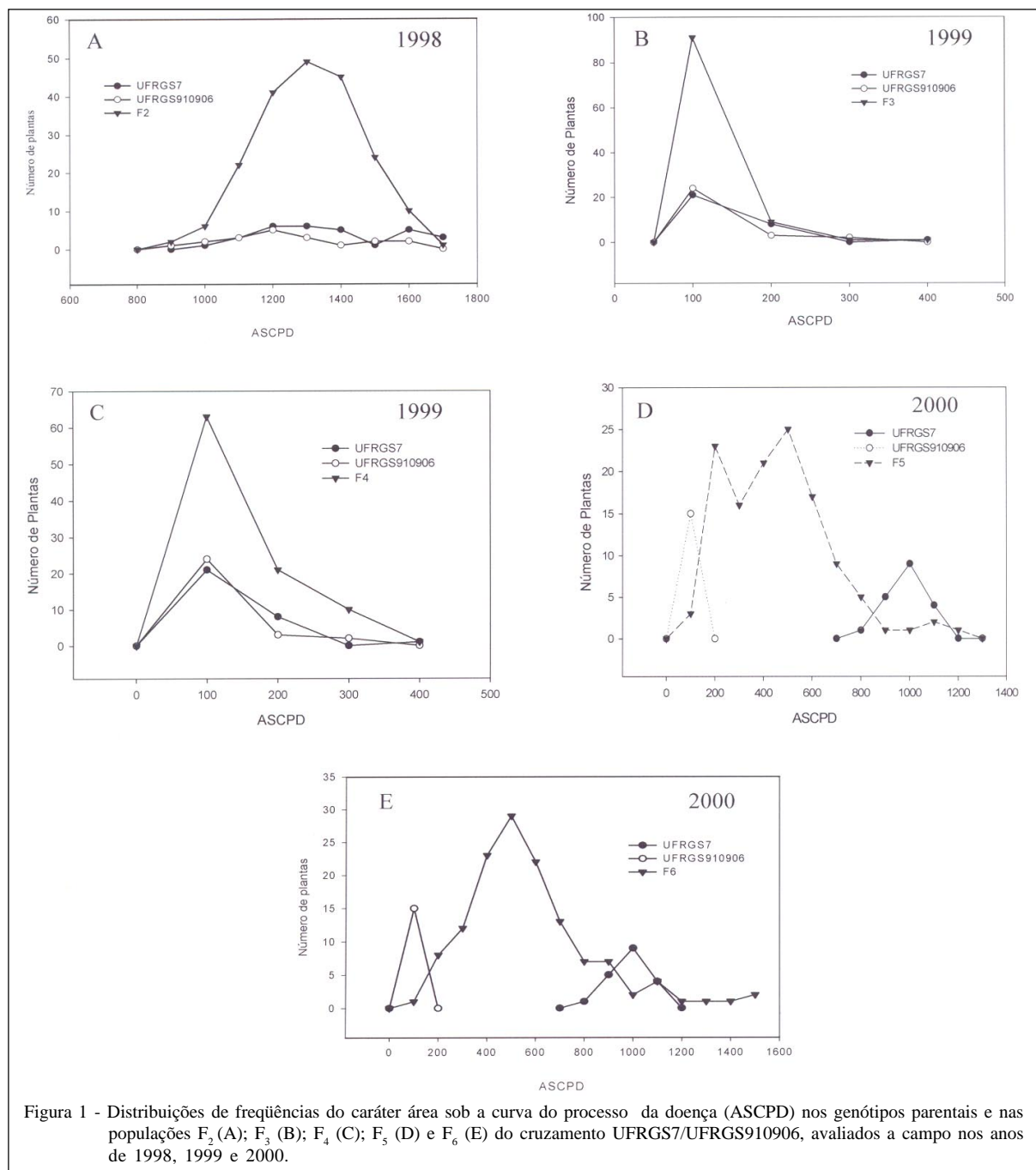
O modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar os efeitos gênicos envolvidos no controle genético da característica área foliar infectada, com $P = 0,95$ para as populações de 1999 e de 2000 (Tabela 3), indicando ausência de epistasia no controle da característica. Os efeitos genotípicos de d foram negativos, indicando a contribuição do genótipo UFRGS910906 no sentido de diminuir a característica área foliar infectada. Os efeitos de aditividade foram importantes, tanto nas gerações iniciais, como nas

Tabela 2 - Variância fenotípica (V_P), variância genética (V_G) e variância ambiental (V_E) para a característica área foliar infectada na ferrugem da folha em aveia, avaliada nos anos de 1998, 1999 e 2000.

Genótipo	1998		1999		2000	
	V_P	V_G	V_P	V_G	V_P	V_G
UFRGS7	19,52*	-	3,97*	-	2,78*	-
UFRGS910906	22,67*	-	2,83*	-	0,12*	-
F_2	29,04**	7,9	-	-	-	-
F_3	-	-	4,43**	1,03	-	-
F_4	-	-	4,58**	1,18	-	-
F_5	-	-	-	-	34,84**	33,39
F_6	-	-	-	-	44,20**	42,75
V_E		21,1		3,4		1,45

* Entre plantas.

** Entre linhas.



avanzadas. Entretanto, os efeitos de d foram maiores e importantes. A adequação de um modelo simples para o controle dessa resistência, sem presença de epistasia, indica que a seleção para essa característica pode ser facilitada. Contudo, deverá ser realizada em gerações avanzadas, devido ao efeito de dominância presente.

Estimativas de herdabilidade

As herdabilidades no sentido amplo (h^2_a)

apresentaram valores baixos, entre 14 e 27% nas gerações F₂, F₃ e F₄ (Tabela 4). THOMÉ (1999) relatou valores de médios a altos para as estimativas de h^2_a (0,43, 0,82 e 0,91%), em três diferentes cruzamentos envolvendo resistência parcial à ferrugem da folha em aveia. Os baixos valores encontrados no presente trabalho podem ser explicados pela alta influência ambiental ocorrida em 1998 e 1999, quando os valores de VE foram muito próximos aos valores de VF nas

Tabela 3 - Estimativas dos efeitos gênicos \underline{m} , \underline{a} e \underline{d} analisados pelo modelo aditivo-dominante para a característica área foliar infectada, testado para o cruzamento UFRGS7/UFRGS910906.

Gerações	Médias	n ^o de plantas	Modelo	Estimativas
1999				
P ₁	2,4	30	M	3,41 ± 0,13
P ₂	1,4	30	A	1,28 ± 0,24
F ₃	1,6	1030	D	-6,83 ± 0,66
F ₄	2,7	950		
χ^2			0,44	
P			0,95	
2000				
P ₁	26,51	20	M	14,62 ± 0,18
P ₂	1,78	15	A	12,78 ± 0,18
F ₅	12,04	644	D	-30,19 ± 4,79
F ₆	15,43	637		
χ^2			0,29	
P			0,95	

populações (ver Tabela 1). Uma vez que h^2a é estimado em função das variâncias fenotípica e ambiental, a aproximação entre esses dois valores resulta em baixa herdabilidade. Por outro lado, os valores estimados nas gerações F₅ e F₆ foram altos, sendo de 94 e 95%, respectivamente, mostrando o aumento da herdabilidade acompanhando o aumento da variância entre linhas e o decréscimo da variância dentro das linhas nas populações. À medida que aumenta a homozigose das linhas há um aumento da variância aditiva, e a variância entre linhas, em gerações avançadas estima duas vezes a variância aditiva dos genitores. Esses resultados indicam que a seleção para resistência parcial à ferrugem da folha da aveia pode ser mais efetiva em gerações avançadas, em anos com alta influência do ambiente.

Os resultados obtidos concordam com estudos realizados com *Avena sterilis* (SZTEJNBERG

Tabela 4 - Estimativas de herdabilidade no sentido amplo (h^2a) para a característica área foliar infectada em gerações segregantes de aveia do cruzamento UFRGS7/UFRGS910906.

Gerações Segregantes	Fórmulas utilizadas	Estimativa de herdabilidade
F ₂	$VF_2 - VE / VF_2$	27%
F ₃	$VF_3 - VE / VF_3$	23%
F ₄	$VF_4 - VE / VF_4$	25%
F ₅	$VF_5 - VE / VF_5$	94%
F ₆	$VF_6 - VE / VF_6$	95%

VF = variância fenotípica; VE = variância ambiental.

& WAHL, 1976), *A. byzantina* (LUKE et al., 1975) e linhagens não-adaptadas de *A. sativa* (SIMONS, 1975), os quais revelaram que resistência parcial à ferrugem da folha em aveia é de herdabilidade moderada a alta e de herança poligênica. Outros estudos relatam estimativas de herdabilidade altas para essa resistência, como o de KICHERER et al. (2000), que estimou 73% de herdabilidade para resistência parcial à ferrugem da folha em cevada.

CONCLUSÕES

As condições de ambiente exercem alta influência sobre a severidade da ferrugem da folha em aveia, indicando que a seleção de genótipos com resistência parcial deve ser confirmada em diferentes anos e ser feita em populações segregantes mais avançadas.

Existe grande variabilidade para resistência à ferrugem da folha em aveia, em genótipos brasileiros, principalmente em gerações avançadas, indicando que a seleção entre linhas, em tais gerações, pode ser mais efetiva que entre plantas, em gerações iniciais.

É provável que vários genes de pequeno efeito estejam atuando no controle do caráter resistência parcial à ferrugem da folha, no genótipo de aveia UFRGS910906, sem presença de epistasia e com efeito principal de aditividade.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York: J. Willey, 1960. 485p.
- CHAVES, M.S. et al. Resistência quantitativa à ferrugem da folha (*Puccinia coronata* Fraser & Led.) em genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.): I – Caracterização da reação em condições de campo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21., 2001, Lages. **Resultados Experimentais...** Lages: UDESC, 2001. p.42-43.
- DAS, M.K. et al. Inheritance of slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. **Crop Science**, Madison, v.32, n.6, p.1452-1456, 1992.
- JEGER, M. J.; VILJANEN-ROLLINSON, S.L.H. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.102, n.2, p.32-40, 2001.
- KICHERER, S. et al. Localising QTLs for leaf rust resistance and agronomic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.100, n.6, p.881-888, 2000.
- LUKE, H.H. et al. Inheritance of horizontal resistance to crown rust in oats. **Phytopathology**, St. Paul, v.65, p.631-632, 1975.

- MATHER, K.; JINKS, J.L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242p.
- MELLOS, G.O. et al. Componentes de resistência parcial à ferrugem da folha em aveia: três anos de avaliações. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1998. p.3-5.
- PARLEVLIET, J.E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.17, p.203-222, 1979.
- PETERSON, R.F. et al. A diagramatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. **Canadian Journal of Research Section**, Ottawa, v.26, p.496-500, 1948.
- SHANER, G. Breeding for partial resistance in oat to rusts. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 5., 1996, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: University of Saskatchewan, 1996. p.307-313.
- SIMONS, M.D. Heritability of field resistance to the oat crown rust fungus. **Phytopathology**, St. Paul, v.65, p.324-328, 1975.
- SZTEJNBERG, A.; WAHL, I. Mechanisms and stability of slow stem rusting resistance in *Avena sterilis*. **Phytopathology**, St. Paul, v.66, p.74-80, 1976.
- TANKSLEY, S.D. Mapping polygenes. **Annual Review of Genetics**, New York, v.27, p.205-233, 1993.
- THOMÉ, G.C.H. **Genética e análise molecular da resistência parcial à ferrugem da folha em aveia**. 1999. 126f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.