

Expressão da resistência parcial à ferrugem da folha da aveia presente na linhagem MN841801, no ambiente do Sul do Brasil

Expression of partial resistance to oat crown rust present in the lineage MN841801 submitted to the South Brazilian environment

José Antônio Martinelli^I Márcia Soares Chaves^{II} Luiz Carlos Federizzi^{III} Valda Savi^{IV}

RESUMO

A ferrugem da folha é a doença mais importante da aveia, podendo comprometer a qualidade e o rendimento de grãos em até 50%. No ambiente do Sul do Brasil, a maioria dos genes de resistência ao patógeno causador da doença tem baixa efetividade, e a virulência das raças encontradas é muito complexa. A resistência quantitativa, que é um tipo de resistência incompleta ou parcial, é uma opção bastante promissora para ambientes como o do Sul do Brasil, uma vez que não impõe a intensa pressão de seleção sobre a população patogênica, para raças virulentas, como ocorre com a resistência qualitativa. A linhagem de aveia MN841801 é atualmente uma das principais fontes de resistência parcial à ferrugem da folha, pois tem sido efetiva frente a diversas populações do patógeno durante mais de 35 anos. Os objetivos deste trabalho foram: a) validar a expressão da resistência parcial à ferrugem da folha da aveia presente na linhagem MN841801, no ambiente da região Sul do Brasil e b) caracterizar a herança dessa resistência em relação ao número de genes. Os resultados mostraram que a severidade da ferrugem da folha, na linhagem MN841801, foi significativamente inferior à de cultivares suscetíveis, eo progresso da doença foi lento, quando comparado ao das suscetíveis. Constatou-se também que a herança da resistência de MN841801 é quantitativa, sendo condicionada por dois genes.

Palavras-chave: *Avena sativa*, *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*, herança, resistência quantitativa.

ABSTRACT

Crown rust is the major oat disease that compromises the quality and yield in up to 50%. In south Brazil most of the resistance genes to rust pathogen has low

effectiveness, and the virulence of the races present is very complex. The quantitative resistance, which is a type of incomplete or partial resistance, is a promising option for environments such as South American one, since it doesn't impose on the pathogen population the intense selection pressure for virulent races, as it commonly happens with the qualitative resistance. The lineage oat MN841801 is now one of the main sources of partial resistance to crown rust in the world, because it has been submitted and effective to several populations of the pathogen during more than 35 years. The objectives of this research were: a) to validate the expression of the partial resistance to crown rust present in the lineage MN841801 under South Brazil environment, b) to characterize the inheritance of this resistance in relation to the number of genes. The results showed that the severity and the rate of disease progress of crown rust on MN841801 were significantly lower than the local susceptible cultivars. It was also observed that the inheritance of MN841801 resistance is quantitative and conditioned by two genes.

Key words: *Avena sativa*, *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*, inheritance, quantitative resistance.

INTRODUÇÃO

A ferrugem da folha, causada pelo fungo *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* Fraser & Led., é a doença mais importante da aveia (*Avena sativa* L.) e vem sendo apontada como um dos principais fatores limitantes para a expansão da área cultivada. O rendimento e a qualidade de grãos têm alta correlação negativa com a severidade da doença (CHAVES et al.,

^IDepartamento de Fitossanidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000 Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: jamfito@ufrgs.br. Autor para correspondência.

^{II}Embrapa – CNPTrigo, Passo Fundo, RS, Brasil.

^{III}Departamento Plantas de Lavoura, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

^{IV}Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

2002) e podem sofrer decréscimos de até 50% (ENDO & BOWE, 1958; FREY et al., 1973, SIMONS et al., 1983; MARTINELLI et al., 1994; DOEHLERT et al., 2001; LORENCETTI et al., 2004; BENIN et al., 2005).

O patógeno causador da ferrugem da folha da aveia há muito tempo vem desafiando os melhoristas, superando genes de resistência em um ritmo quase impossível de ser acompanhado pelo lançamento de novas cultivares, especialmente na região Sul do Brasil (CHAVES & MARTINELLI, 2005). Mesmo não havendo relatos da ocorrência da fase sexual de *P. coronata* no ambiente do Sul Brasil, a qual seria responsável pelo aumento na variabilidade genética do patógeno, a estrutura da população do patógeno é extremamente diversificada e fundamentalmente constituída por super-raças, as quais possuem de oito a 27 genes de virulência (MARTINELLI et al. 1998, VIEIRA et al., 2007). Nesse ambiente, a maioria dos genes *Pc* de resistência conhecidos tem baixa efetividade, e o espectro de virulência das raças encontradas é tão complexo quanto o observado em outros países, incluindo Israel, considerado o centro de origem do patógeno (LEONARD & MARTINELLI, 2005).

A resistência quantitativa é definida como um tipo de resistência incompleta ou parcial, em que, embora o hospedeiro apresente reação de suscetibilidade, verifica-se uma baixa taxa de desenvolvimento da doença (PARLEVLIET, 1979; 1985). Por suas características, esse tipo de resistência é uma opção bastante promissora para ambientes como o do Sul do Brasil, uma vez que não impõe a intensa pressão de seleção sobre a população patogênica de *P. coronata*, para raças virulentas, como ocorre com a resistência qualitativa.

Ao longo dos últimos 15 anos, diversos trabalhos foram realizados a fim de incorporar, selecionar e caracterizar a resistência parcial à ferrugem da folha em seu germoplasma. Os trabalhos também foram voltados ao estudo da herança e ao desenvolvimento de marcadores moleculares para assistir à seleção de genótipos com o caráter (THOMÉ, 1999; TISIAN et al., 2004; CHAVES, 2004a; CHAVES, 2004b; CHAVES, 2004c; BARBOSA, 2002; KULCHESKI et al., 2006; WESP et al., 2008).

A linhagem de aveia MN841801, desenvolvida pela Universidade de Minnesota, EUA, é atualmente uma das principais fontes de resistência parcial à ferrugem da folha, pois tem sido efetiva frente a diversas populações de *P. coronata* durante mais de 35 anos (LEONARD, 2002; CARSON & STUTHMAN, 2004).

Os objetivos deste trabalho foram: a) validar a expressão da resistência parcial à ferrugem da folha da aveia presente na linhagem MN841801, no ambiente da região Sul do Brasil, e b) caracterizar a herança dessa resistência em relação ao número de genes.

MATERIAL E MÉTODOS

Para validação da resistência parcial da linhagem MN841801 (Florad/Coker 58-7/3/CI7558//Black Mesdag/Aberdeen 101 [65B663/65B1362]), foram usadas, como testemunhas suscetíveis, as cultivares 'UFRGS 14' (805165//COR²/CZ³/Pendek/Me1563) e 'UPF 16' (Coronado/X1799-2/Sel11PassoFundo//X3530-40), por serem adaptadas à região Sul do Brasil e apresentarem respostas de suscetibilidade à ferrugem da folha bem caracterizadas nesse ambiente. Além da linhagem MN841801, também foram testadas as linhagens MN841804 (MN841804 CI7683//Black Mesdag/Aberdeen 101/3/Rodney/4/CI7558//Black Mesdag/Aberdeen 101 [65B1286/65B1362]) e MN841810 (Black Mesdag/Aberdeen 101//CI7467/3/Rodney/4/Florad/Coker 58-7 [65B1313/65B663]), as quais também expressam resistência parcial à ferrugem da folha da aveia em outros ambientes. Para caracterização da herança da resistência parcial de MN841801, foram utilizadas 157 linhagens recombinantes F₆ de aveia (denominadas RL 1 a RL 157), obtidas pelo método descendente de semente única ou "single seed descent" (SSD), provenientes do cruzamento da cultivar 'Noble' (susceptível à ferrugem da folha) com a linhagem MN841801 (parcialmente resistente). Não foi feita qualquer seleção para se chegar à geração F₆ para melhor representar a variabilidade da F₂. Por não ser material adaptado, sementes do genótipo Noble geraram plântulas defeituosas e mal desenvolvidas, impróprias para as avaliações deste experimento. As sementes do material genético usado neste trabalho foram obtidas no Banco Ativo de Germoplasma do Programa de Melhoramento Genético de Aveia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (EEA/UFRGS), localizada no Município de Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul (RS). A EEA/UFRGS situa-se na região fisiográfica da Depressão Central, a 30° 05' 52" de latitude sul e 51° 39' 08" de longitude oeste, com altitude média de 46 metros acima do nível do mar. O solo pertence à Unidade de Mapeamento São Jerônimo e é classificado como Podzólico Vermelho Escuro (OLMOS & CAMARGO, 1982). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas

durante o ano, de acordo com a classificação de Köppen aplicada ao Estado por Moreno (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990).

A fertilidade do solo foi corrigida conforme análise do solo e recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo (CFS-RS/SC, 1995). Durante a condução do experimento, no campo, foram adotadas as técnicas culturais recomendadas para a cultura da aveia.

Os experimentos foram semeados nos dias 06 de julho de 1999 e 28 de junho de 2000, com semeadora de parcelas experimentais em áreas de plantio direto. Cada linhagem F_6 foi semeada em duas linhas de três metros de comprimento, espaçadas de 0,30m entre si, com aproximadamente 200 sementes por linha.

A resistência parcial foi avaliada em condições de campo por meio da área sob a curva de progresso da doença (ASCPD), conforme preconizado por PARLEVLIET (1988). Para a obtenção dos valores de ASCPD, a severidade média de cada parcela (% de área foliar afetada) foi quantificada semanalmente com base em escala diagramática (STUBBS et al., 1986). A integração trapezoidal dos dados do progresso da doença foi feita utilizando a equação:

$$ASCPD = \sum_{i=1}^n \left((Y_{i+1} + Y_i) \times 0,5 \right) [T_{i+1} - T_i]$$

$i=1$, em que: Y_i = percentagem de área foliar afetada pela ferrugem na i -ésima observação, T_i = tempo (em dias) no momento da i -ésima observação e n = número total de observações (SHANER & FINNEY, 1977).

Os dados de ASCPD do grupo de genótipos estudados foram submetidos à análise estatística descritiva, com a determinação de estimadores de tendência central e dispersão. As médias de ASCPD dos genótipos suscetíveis e parcialmente resistentes foram comparadas pelo teste t unicaudal, conforme LEONARD (2002). O comportamento do grupo de genótipos quanto à herança da resistência parcial foi analisado por meio de distribuições de frequências, de diagrama box-plot e de teste de aderência de χ^2 para determinação da proporção de linhagens parcialmente resistentes:suscetíveis (PR:S). O número de classes para distribuição da frequência foi calculado por meio da fórmula $C = \sqrt{N}$, em que N = número de observações avaliadas. As análises foram realizadas por meio do programa GENES. Os histogramas foram elaborados por meio do programa MS Excel, e o diagrama Box-Plot foi construído por meio do programa Origin 8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 1999, a ferrugem da folha da aveia foi observada inicialmente em 10 de setembro,

permanecendo durante aproximadamente 60 dias. As cultivares suscetíveis 'UFRGS 14' e 'UPF 16' apresentaram ASCPD de 246,1 e 187,7, respectivamente, enquanto que as linhagens parcialmente resistentes MN841801, MN841804 e MN841810 apresentaram ASCPD de 10,9; 11,7 e 35,2, respectivamente (Figura 1 A). A ASCPD das linhagens recombinantes variou continuamente de 13,3 a 1024,8. Em 2000, a ferrugem da folha da aveia foi observada inicialmente em 22 de setembro, permanecendo durante aproximadamente 50 dias. As cultivares suscetíveis 'UFRGS 14' e 'UPF 16' apresentaram ASCPD de 1002,7 e 812,1, respectivamente, enquanto que as linhagens parcialmente resistentes MN841801, MN841804 e MN841810 apresentaram ASCPD de 21,5; 49,7 e 30,8, respectivamente (Figura 1 B). A ASCPD das linhagens recombinantes variou continuamente de 2,2 a 1089,2. O teste t revelou que as três linhagens MN apresentaram valores médios de ASCPD significativamente menores do que as médias de ambas as cultivares suscetíveis ($P=0,35$). Esses dados estão de acordo com o que foi relatado por LEONARD (2002), em que as ASCPDs das mesmas linhagens MN foram significativamente inferiores às das cultivares 'Starter' (suscetível) e 'Portage' (parcialmente resistente) em testes de campo, no ambiente de Saint Paul, MN, EUA. O comportamento desses genótipos é semelhante ao comportamento observado nos genótipos, nos Estados Unidos, em especial de MN841801, mostrando claramente características de uma resistência bastante estável, pois também é eficiente a uma população patogênica distinta, constituída por raças muito diferentes, tornando-os uma fonte potencial de resistência muito promissora para o nosso ambiente.

Os dados obtidos neste e em outros experimentos revelam que, na região Sul do Brasil, as epidemias de ferrugem da folha da aveia tiveram intensidade moderada em 1999 e intensidade severa em 2000. CHAVES (2001) relata que a epidemia severa de 2000 parece estar relacionada com os altos índices pluviométricos verificados durante o período de desenvolvimento da doença na região onde foram conduzidos os experimentos. Esse fator tem influência sobre o progresso da doença, uma vez que proporciona um maior período de molhamento foliar, o qual é essencial para a germinação dos esporos de *P. coronata* (SIMONS, 1985).

As curvas de progresso da doença, nos genótipos suscetíveis e parcialmente resistentes, nos dois anos testados, estão representadas na figura 1. Por meio dessa figura, verifica-se o progresso lento da ferrugem da folha nas linhagens MN, quando comparadas às cultivares suscetíveis, especialmente

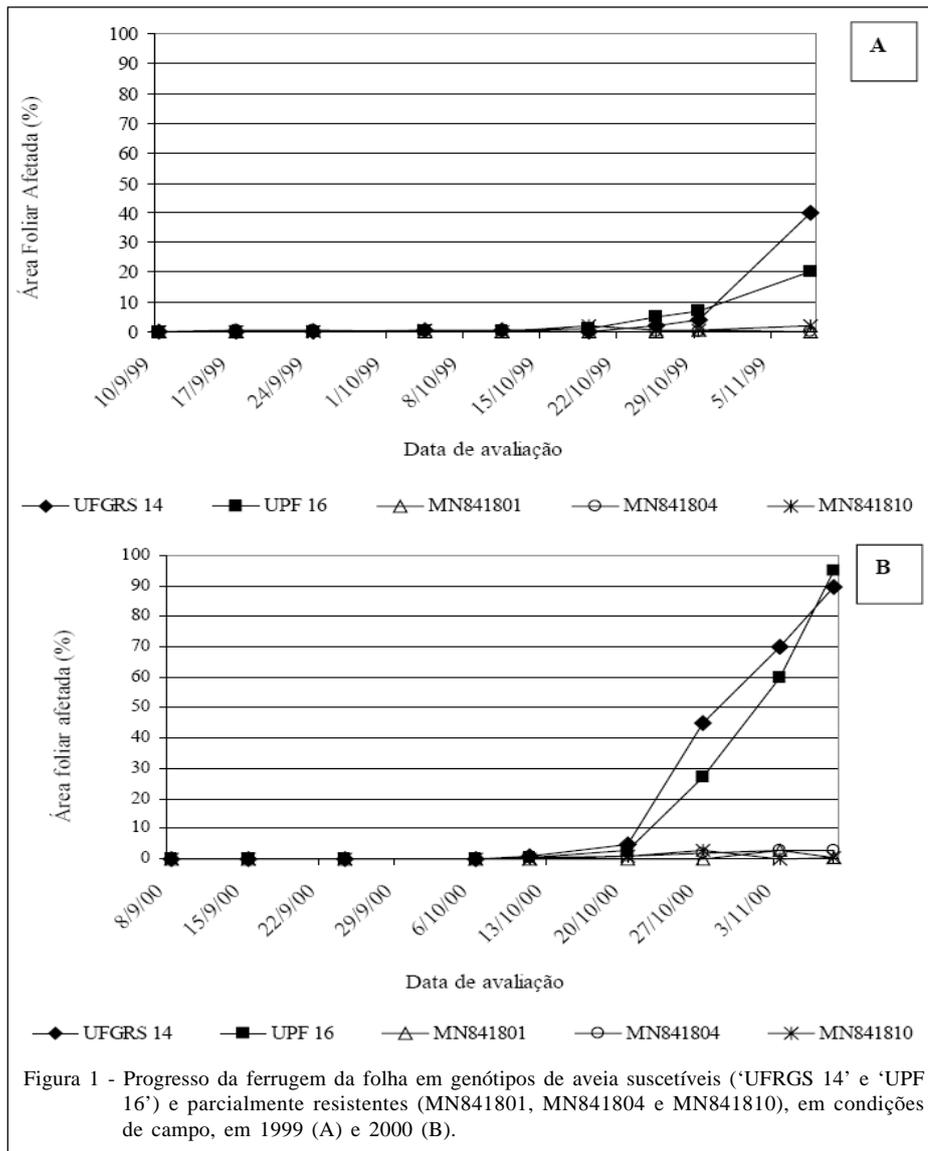
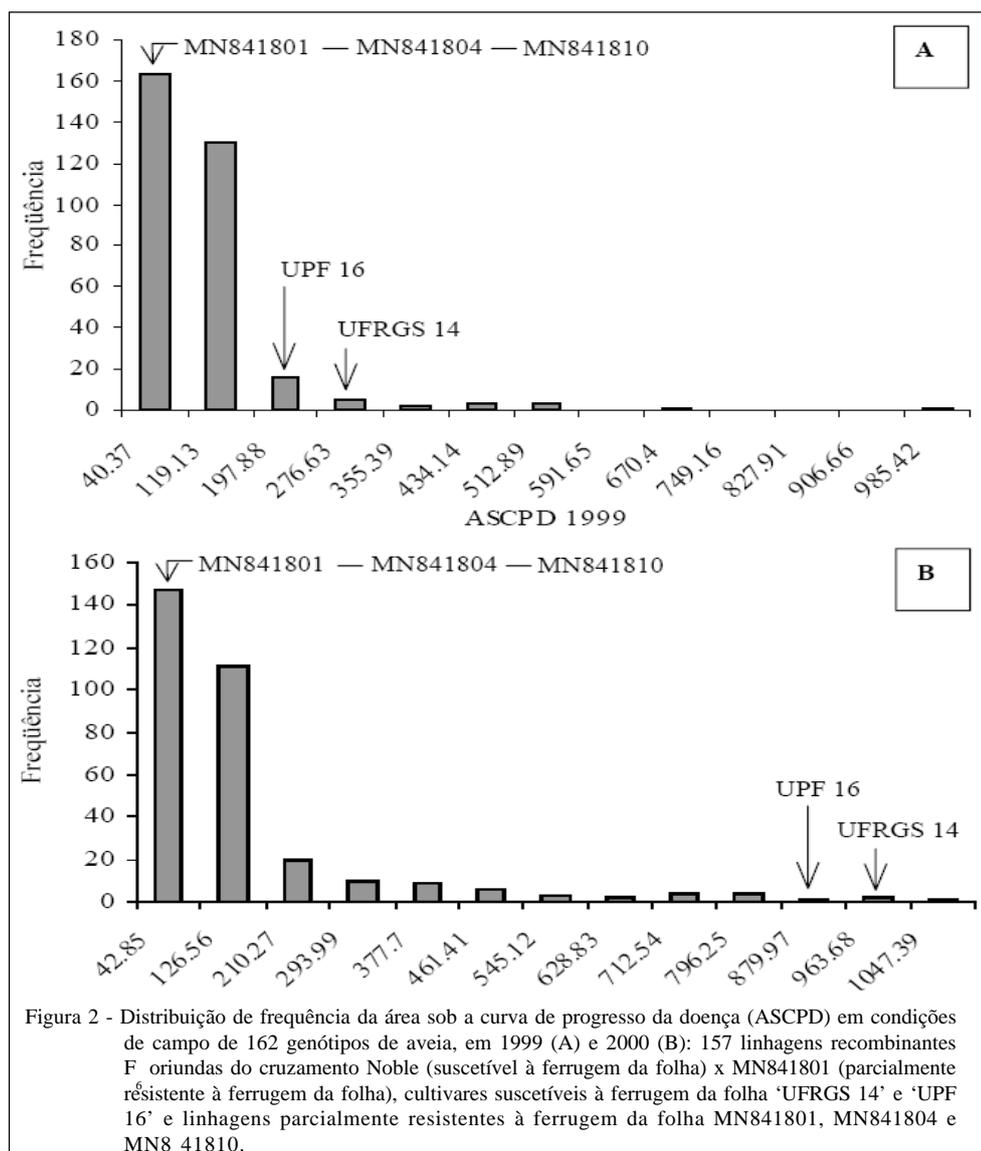


Figura 1 - Progresso da ferrugem da folha em genótipos de aveia suscetíveis ('UFGRS 14' e 'UPF 16') e parcialmente resistentes (MN841801, MN841804 e MN841810), em condições de campo, em 1999 (A) e 2000 (B).

em 2000, quando as condições de ambiente favoreceram a ocorrência de uma epidemia severa. Nesse ano, as cultivares suscetíveis apresentaram um acentuado incremento na severidade em meados de outubro, chegando ao final do ciclo com uma proporção de tecido foliar afetado próxima de 100%. Os dados de ASCPD e as curvas de progresso da doença mostram que, em ambos os anos testados, as linhagens MN portadoras de resistência parcial à ferrugem da folha expressaram o caráter, quando testadas no ambiente da região Sul do Brasil sob alta pressão de inóculo e condições de ambiente favorável.

Os dados de ASCPD do grupo de genótipos tiveram distribuição contínua em ambos os anos (Figura 2), confirmando que a herança da resistência de

MN841801 é quantitativa, e a distribuição desviou-se levemente da normal. Essas observações estão de acordo com o que foi observado por LEONARD (2002), quando submeteu MN841801, dentre outros genótipos, por sete anos consecutivos sob condições de campo. De 1993 a 1999, Leonard (2002) obteve valores médios de ASCPD de 215 para MN841801, em comparação com 1755 para a variedade Portage. Além disso, o diagrama box-plot (Figura 3) revela que, mesmo em 2000, 50% dos genótipos tiveram ASCPDs inferiores a 250 e, em ambos os anos, alguns genótipos posicionaram-se como atípicos ao grupo, apresentando valores de ASCPD muito discrepantes dos demais, sempre em direção à suscetibilidade. Em 1999, os genótipos com suscetibilidade discrepante foram as linhagens RL 114

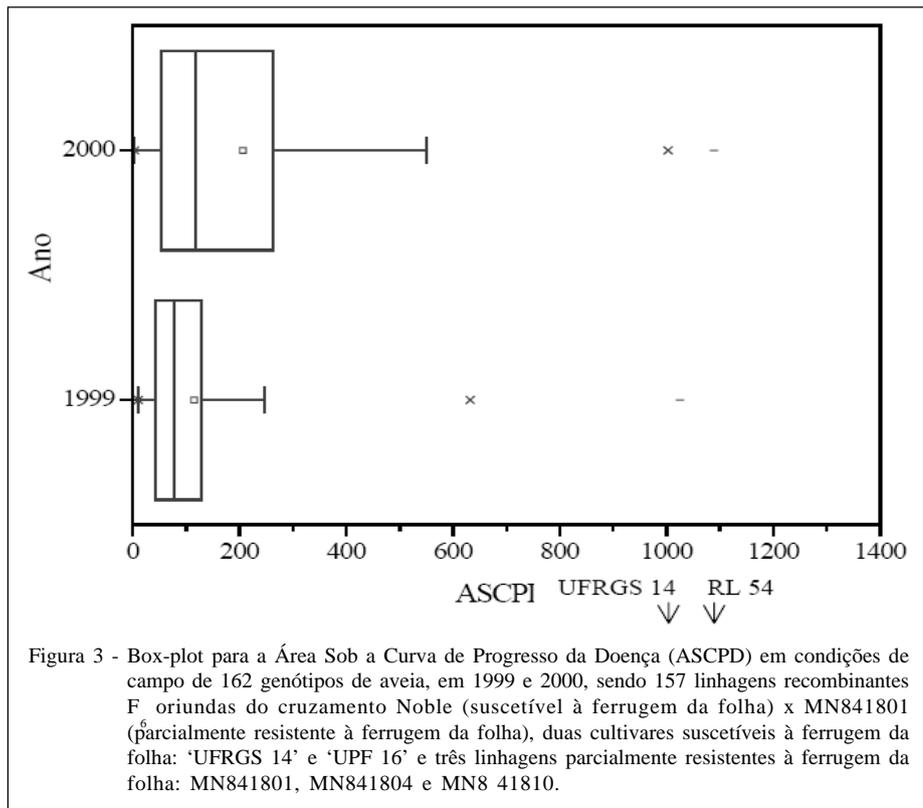


e RL 153; e em 2000, a cultivar 'UFRGS 14' (testemunha suscetível) e a linhagem RL 54.

Em relação ao número de genes envolvidos na expressão da resistência parcial, a frequência esperada de linhagens parcialmente resistentes para suscetíveis (PR:S) pode ser de 1:1, 3:1 e 1:3. Cada uma dessas proporções corresponde, respectivamente, às seguintes situações: (i) há um só gene de resistência, e a proporção de PR:S e os possíveis genótipos seriam 1R (AA) : 1S (aa); (ii) há dois genes de resistência efetivos, atuando independentemente; portanto, a proporção de PR:S e os possíveis genótipos seriam 3R (AABB, AAbb e aabb) : 1S (aabb); e (iii) há dois genes de resistência, porém somente são efetivos quando atuando epistaticamente, tanto na forma dominante, quanto na forma recessiva, sendo a proporção de PR:S,

e os possíveis genótipos seriam 1R (AABB) : 3S (AAbb, aaBB e aabb) ou 1R (aabb) : 3S (AABB, AAbb e aabb) (SNUSTAD & SIMMONS, 2000).

Neste estudo, foram consideradas parcialmente resistentes as linhagens recombinantes que expressaram ASCPD igual ou inferior à do genitor MN841801 mais um desvio padrão, como critério estatístico de diferença mínima significativa. Os valores de ASCPD sobre MN841801 foram usados como referência de resistência, pois estão um pouco aquém dos limiares de dano econômico estimados para cultivares suscetíveis de aveia na região Sul do Brasil. As proporções fenotípicas observadas em 1999 e 2000 foram 125 PR:32 S e 118 PR:39 S, respectivamente, e o teste de χ^2 ($P=0,001$) demonstrou haver ajustamento



significativo à proporção esperada 3 RP:1 S. Os resultados indicam, portanto, que dois genes estão conferindo a resistência parcial no conjunto de genótipos. Esse resultado assemelha-se aos de CHEN et al. (2000), os quais utilizaram o mesmo grupo de genótipos para seus estudos. Os resultados obtidos demonstram que nem sempre a resistência parcial deve-se a um grande número de genes e que, mesmo em ambientes com excelentes condições para o desenvolvimento da doença e com inúmeros genes de virulência presentes na população patogênica (CARVALHO et al., 2004; LEONARDE MARTINELLI, 2005), poucos genes podem expressar níveis adequados de resistência.

Conforme observado por LEONARD (2002), as linhagens MN avaliadas neste estudo têm muitos aspectos agrônômicos indesejáveis, como estatura elevada, ciclo longo, maturação tardia e baixo rendimento. Portanto, transferir níveis suficientes de resistência de uma ou mais dessas linhagens sem introduzir as características indesejáveis é mais um desafio a ser superado pelos melhoristas. O mapeamento dos genes de resistência de MN841801 pode ser o caminho para facilitar essa tarefa. CHEN et al. (2000), em um estudo que avaliou a mesma população

usada neste trabalho, conseguiram identificar três QTLs associados à resistência parcial em ensaios realizados no campo e dois deles foram confirmados em ensaios realizados em ambiente controlado, por meio de marcadores moleculares. PORTYANKO et al. (2005) encontraram quatro QTLs de maior efeito no genótipo e três QTLs de menor efeito no fenótipo associados à resistência parcial nessa mesma população, em testes envolvendo três ambientes em condições de campo e dois ambientes em casa-de-vegetação.

Segundo JOHNSON (1984), a resistência é considerada durável quando permanece efetiva durante um longo período de tempo, apesar de seu uso em áreas extensas e sob condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. Os esforços de pesquisa no sentido de transferir a resistência parcial à ferrugem da folha da aveia da linhagem MN841801 certamente valerão a pena, uma vez que essa linhagem tem se mantido resistente por mais de 35 anos, em vários ambientes favoráveis à doença, enquanto outras linhagens foram gradualmente superadas pela população de *P. coronata*. A exposição da linhagem MN841801 nesse novo ambiente do Sul Brasil, frente a uma população muito complexa em virulência, confirma o potencial de durabilidade dessa resistência.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente trabalho, pode-se concluir que a linhagem MN841801 expressa resistência parcial no ambiente do Sul do Brasil e a resistência parcial existente na linhagem MN841801 deve-se à presença de dois genes maiores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa à mestranda Valda Savi e ao suporte econômico do projeto e também aos Drs. H. W. Rines e K. J. Leonard por cederem as linhagens recombinantes para o estudo.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M.M. **Genética e mapeamento molecular da resistência parcial à ferrugem da folha da aveia (*Avena sativa* L.)**. 2002. 113f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- BENIN, G. et al. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.295-302, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000200008&lng=en&nrm=iso>. Doi: 10.1590/S0103-84782005000200008.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agronômica da UFRGS**. Porto Alegre: UFRGS, 1990. 60p.
- CARSON, M.L.; STUTHMAN, D.D. Does partial resistance exert selection on oat crown rust populations? In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 7., 2004, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki: Agrifood Researchs, 2004. p.179.
- CARVALHO, M.F., et al. Análise da virulência de 31 isolados de *Puccinia coronata* f.sp. *avena* coletados em três municípios do estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM AVEIA, 24., 2004, Pelotas. **Resultados experimentais**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2004. p.563-565.
- CHAVES, M.S. **Avaliação da resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca**. 2001. 107f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- CHAVES, M.S., et al. Efeito da ferrugem da folha sobre o rendimento e qualidade de grãos em genótipos elite de aveia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: UPF, 2002. p.463-470.
- CHAVES, M.S., et al. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: I - Caracterização da reação em condições de campo. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v.29, p.35-42, 2004a. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582004000100007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582004000100007&lng=en&nrm=iso)>. Doi: 10.1590/S0100-41582004000100007.
- CHAVES, M.S., et al. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: II - Avaliação de componentes de resistência. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v. 29, p.43-51, 2004b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582004000100008&lng=en&nrm=iso>. Doi: 10.1590/S0100-41582004000100008.
- CHAVES, M.S., et al. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: III - Correlação de componentes de resistência entre si e com a intensidade de doença no campo. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v. 29, p.197-200, 2004c. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582004000200013&lng=en&nrm=iso>. Doi: 10.1590/S0100-41582004000200013.
- CHAVES, M.S.; MARTINELLI, J.A. Ferrugem da folha da aveia: aspectos epidemiológicos e perspectivas de controle através da resistência genética na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.4, p.397-403, 2005.
- CHEN, G. et al. OATS2000 - INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 6., 2000, Canterbury, New Zeland. **Proceedings...** Canterbury: Lincoln University, 2000. p128-131. CD.
- DOEHLERT, D.C. et al. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. **Crop Science**, Madison, v.41, n.4, p.1066-1072, 2001.
- ENDO, R.M.; BOEWE, G.H. Losses caused by crown rust of oats in 1956 and 1957. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v.42, p.1125-1132, 1958.
- FREY, K.J., et al. Management of host resistance genes to control disease loss. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, Nova Delhi, v.39, p.10-21, 1973.
- JOHNSON, R. A critical analysis of durable resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.22, p.309-330, 1984.
- KULCHESKI, F. R., et al. Evolução da resistência parcial à ferrugem da folha na população de aveia branca UFRGS 7 X UFRGS 910906. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM AVEIA, 26., 2006, Guarapuava. **Resultados Experimentais...** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. V.26, p.61-64.
- LEONARD K.J.; MARTINELLI J.A. Virulence of oat crown rust in Brazil and Uruguay. **Plant Disease**, St. Paul, v.89, p.802-808, 2005.
- LEONARD, K.J. Oat lines with effective adult plant resistance to crown rust. **Plant Disease**, St. Paul, v.86, p.593-598, 2002.
- LORENCETTI, C., et al. Implicações da aplicação de fungicida nos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.693-700, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>

- scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000200008&lng=en&nrm=iso>. Doi: 10.1590/S0103-84782005000200008.
- MARTINELLI, J.A. et al. Análise da virulência de alguns isolados de *Puccinia coronata avenae* no Sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 1988, Londrina. **Anais...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1988. p.17-19.
- MARTINELLI, J.A., et al. Efeito de misturas de cultivares de aveia e de tratamento de sementes na restrição do processo da doença da ferrugem da folha. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.20, n.2, p.113-115, 1994.
- OLMOS, J.I.L.; CAMARGO, M.G. Conceituação preliminar de Podzólicos Bruno Acinzentados tentativamente identificados no país. In: CARVALHO, A.P. **Conceituação sumária de algumas classes de solos recém - reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação dos SNLCS**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1982. p.5-21.
- 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.
- PARLEVLIET, J.E. Resistance of the nonrace-specific type. In: BUSHNELL, W.R.; ROELFS, A.P. (Eds.). **The cereal rusts v. II: diseases, distribution, epidemiology and control**. New York. Academic, 1985. p.501-525.
- PARLEVLIET, J.E. Strategies for the utilization of partial resistance for the control of cereal rusts. In: SIMMONDS, N.W.; RAJARAM, S. (Eds.). **Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat**. Mexico: CYMMIT, 1988. p.48-62.
- PORTYANKO, V.A. et al. Quantitative trait loci for partial resistance to crown rust, *Puccinia coronata*, in cultivated oat, *Avena sativa* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v.111, p.313-324, 2005. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/xuu141g4413t81j0/>. Doi 10.1007/s00122-005-2024-6.
- RAJARAM, S. (Eds.). **Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat**. Mexico: CYMMIT, 1988. p.48-62.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in 'Knox' wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v.67, p.1051-1056, 1977. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/production/action/cjoGetFulltext?fulltextid=341030>. Doi:10.1017/S0021859605005551.
- SIMONS, M.D. Crown rust. In: ROELFS, A.P.; BUSHNELL, W.R. (Eds.). **The cereal rusts: diseases, distribution, epidemiology and control**. New York:Academic, 1985. p.132-172.
- SIMONS, M.D., et al. Modification of tolerance of oats to crown rust induced by chemical mutagens. In: FAO/WAICENT. **Induced mutations for disease resistance in crop plants**. Denmark: STI/PUB/633, IAEA, Vienna, Austria, 1983. V.2.
- SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Principles of genetics**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 2000. 876p.
- STUBBS, R.W. et al. **Manual de metodologia sobre las enfermedades de los cereales**. México: CYMMIT, 1986. 46p.
- THOMÉ, G.C.H. **Genética e análise molecular da resistência parcial à ferrugem da folha em aveia**. 1999. 127f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.
- TISIAN, L.M. et al. Resistência parcial à ferrugem da folha em linhagens recombinantes de aveia. Resultados Experimentais. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DA AVEIA, 24., 2004, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2004. p.575-577.
- VIEIRA, E.A. et al. Virulence variability of *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* isolates collected in three counties from Rio Grande do Sul State, Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v.91, p.66-70, 2007. Disponível em: <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-91-0066>. Doi: 10.1094/PD-91-0066.
- WESP, C.L., et al. Herança da resistência quantitativa à ferrugem da folha em linhagens recombinantes de aveia branca. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.33, p.138-147, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-56762008000200008&lng=es&nrm=iso>. Doi: 10.1590/S1982-56762008000200008.