

Estabilidade fenotípica e previsibilidade da resistência de genótipos de sorgo a *Colletotrichum graminicola*

Fernando B. Guimarães¹, Carlos R. Casela², Francisco X.R. do Vale³, Laércio Zambolim³, Fredolino G. dos Santos²

¹ EPAMIG/CTTP, C.P. 351, 38001-970, Uberaba, MG.

² EMBRAPA Milho e Sorgo, C.P. 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG.

³ UFV, Depart. de Fitopatologia, 36571-000, Viçosa, MG.

Aceito para publicação em: 27/07/98.

RESUMO

Guimarães, F.B., Casela, C.R., Vale, F.X.R. do, Zambolim, L., Santos, F.G. dos. Estabilidade fenotípica e previsibilidade da resistência de genótipos de sorgo a *Colletotrichum graminicola*. *Summa Phytopathologica*, v. 24, p. 141-145, 1998.

Foram avaliados nove genótipos de sorgo (CMSXS112B, CMSXS156B, CMSXS202B, CMSXS203B, CMSXS204B, CMSXS207R, CMSXS221B, CMSXS101B e CMSXS173R), em duas épocas de plantio, com relação a sua capacidade de produzir híbridos possuidores de resistência dilatária, através de inoculação artificial com 6 raças de *Colletotrichum graminicola* (04A, 06B, 15C, 12A, 14C e 21E). Utilizou-se o conceito de estabilidade fenotípica, para interpretar os resultados e expressar o nível de resistência dilatária destes genótipos. Desta forma, considerou-se como genótipo com resistência dilatária elevada, estável e

previsível aquele caracterizado por média baixa de doença, b menor que 1,0 e R² elevado. Os resultados obtidos indicaram os genótipos CMSXS221B, CMSXS207R, CMSXS173R e CMSXS101B como possuidores de resistência dilatária alta, moderadamente estável e previsível. Apesar destes genótipos apresentarem resistência dilatária moderadamente estável e b's, significativos, portanto diferentes de zero, os mesmos podem ser considerados como progenitores promissores para a produção de híbridos de sorgo com resistência dilatária a *C. graminicola*.

Palavras-chave adicionais: Antracnose, resistência dilatária

ABSTRACT

Guimarães, F.B., Casela, C.R., Vale, F.X.R. do, Zambolim, L., Santos, F.G. dos. Phenotypic stability of the resistance to *Colletotrichum graminicola* on sorghum genotype. *Summa Phytopathologica*, v. 24, p. 141-145, 1998.

The sorghum genotypes CMSXS112B, CMSXS156B, CMSXS202B, CMSXS203B, CMSXS204B, CMSXS207R, CMSXS221B, CMSXS101B and CMSXS173R were evaluated in relation to their capacity to generate hybrids with dilatory resistance to *Colletotrichum graminicola* using leaf inoculation with six *C. graminicola* races (04A, 06B, 15C, 12A, 14C e 21E). Concepts of phenotypic stability were used to interpret these

results and to express dilatory levels of the resistance. The results indicated the genotypes CMSXS221B, CMSXS207R, CMSXS173R and CMSXS101B with highest levels of dilatory resistance, moderate phenotypic stability and predictability. These genotypes may be used for generation of sorghum hybrids with highest levels of dilatory resistance to *C. graminicola*.

Additional keywords: sorghum anthracnose, phenotypic stability, dilatory resistance.

A antracnose do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) causada por *Colletotrichum graminicola* (Cesati) Wilson, é uma das doenças mais importantes desta cultura, principalmente nas regiões mais quentes e úmidas. Tais áreas incluem o Trópico Semi-árido, o Trópico Úmido e regiões de clima Temperado com temperaturas elevadas no verão (16). Nas áreas onde a antracnose ocorre com maior severidade, a mesma torna-se fator limitante ao desenvolvimento da cultura do sorgo (10).

No Brasil, a antracnose é a doença mais importante do sorgo, ocorrendo em todas as regiões de plantio da cultura e causando

perdas severas à produção e qualidade de grãos (3).

O método mais eficiente de controle da antracnose é a utilização de cultivares resistentes (2). Vários estudos têm sido realizados com o objetivo de obter genótipos de sorgo com resistência estável e duradoura a *C. graminicola* (2, 4, 8); contudo, devido à alta variabilidade apresentada por este patógeno, a qual determina rápida adaptação às cultivares em uso, esta resistência não tem sido duradoura (2).

Nos últimos anos, tem sido dada ênfase à busca de alternativas que permitam aumentar a durabilidade da resistência à antracnose.

Uma delas é a utilização de resistência dilatária (4, 8). Este tipo de resistência, conforme descrito por BROWNING et al. (1), é caracterizado por redução da taxa de desenvolvimento de doenças ao longo do tempo.

Em programas de melhoramento de plantas as interações genótipos – ambientes são de grande importância, pois determinam a variação no comportamento dos genótipos em função da mudança do ambiente (5). Entretanto, como assegurado por FINLAY & WILKINSON (7), a habilidade de certos genótipos em se manterem estáveis, independentemente da variação no ambiente, proporciona redução significativa de tempo para obtenção de genótipos com resistência estável e duradoura.

Os conceitos de estabilidades fenotípicas, definidos por FINLAY & WILKINSON (7) e por EBERHART & RUSSEL (5), têm sido utilizados por PINTO et al. (12) e PRABHU & MORAIS (13) para melhor compreensão acerca da resistência horizontal (17).

Devido à falta de estudo visando avaliar a estabilidade fenotípica em genótipos de sorgo, desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de selecionar genótipos que possam ser utilizados em programas de melhoramento, como fontes de resistência dilatária.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados nove genótipos de sorgo do programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, em relação a seis raças de *C. graminicola* provenientes de Sete Lagoas (MG) e Pelotas (RS).

Os genótipos e as raças utilizadas neste estudo, foram selecionados com base nos resultados de trabalhos preliminares executados no CNPMS. Utilizou-se o método do gradiente de inóculo desenvolvido por NOTTEGHEN & ANDRIATOMPO (11), para avaliação de resistência horizontal a *Magnaporthe grisea* em cultivares de arroz, com as devidas adaptações para a cultura do sorgo (2). Este experimento foi executado em duas épocas de plantio (janeiro a abril e setembro a dezembro de 1995) no CNPMS/EMBRAPA, em Sete Lagoas, Minas Gerais.

No plantio I, foram avaliados os genótipos CMSXS112B, CMSXS156B, CMSXS202B, CMSXS203B, CMSXS204B, CMSXS207R e CMSXS221B. No plantio II, substituíram-se os genótipos CMSXS203B e CMSXS204B, pelos genótipos CMSXS101B e CMSXS173R. Estes materiais foram semeados em parcelas de duas fileiras de 5,0m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,9m. Entre um genótipo e outro foram semeadas duas fileiras do genótipo resistente CMSXS210B, de modo a se obter isolamento entre os genótipos avaliados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. Cada raça constituiu uma parcela e cada genótipo uma subparcela.

A 0,5m de uma das extremidades de cada subparcela, foi semeada bordadura do genótipo suscetível BR009B, formada por fileiras de 1,0m de comprimento, para atuar como fonte de inóculo. Na extremidade oposta, foi semeada outra bordadura nas mesmas dimensões da primeira, com o genótipo resistente CMSXS210B, permitindo isolamento entre parcelas. Para aumentar o isolamento entre as parcelas e entre blocos, utilizou-se outra bordadura constituída por plantas de milho BR205, formada por três fileiras de 1,0m de comprimento. Nas laterais e nas extremidades da área experimental, semeou-se bordadura de milho BR205, constituída de três fileiras espaçadas em 0,9m, para aumentar o isolamento do experimento.

A produção e o preparo do inóculo foram baseados no método desenvolvido por FERREIRA & CASELA (7). As inoculações foram realizadas na bordadura suscetível aos 45 e 51 dias após a semeadura do plantio I e aos 53 dias do plantio II. Foram feitas pulverizações com suspensão de esporos das raças 04A, 06B e 15C (plantio I), as quais foram substituídas pelas raças 12A, 14C e 21E no plantio II, na concentração de 10^6 conídios/ml. As inoculações foram feitas individualmente, em cada parcela, na proporção de aproximadamente 200 ml/ metro. As inoculações de campo foram realizadas no final da tarde, para prevenir a desidratação dos esporos devido às altas temperaturas e manter a viabilidade dos esporos por maior período de tempo.

As avaliações foram feitas, semanalmente, em três pontos da subparcela, localizados a 0,5m, 3,0m e 5,5m da fonte de inóculo. Foi marcada na fileira, uma planta por ponto de avaliação, através da utilização de fitas de cartolina. Todas as folhas das plantas marcadas foram avaliadas individualmente durante 6 semanas, a partir de 15 dias após a primeira inoculação, no plantio I, e durante 8 semanas, a partir de 7 dias após a inoculação, no plantio II. Utilizou-se, para as avaliações, a escala de notas estabelecida por SHARMA (15), baseada na área foliar doente.

Os dados de severidade da doença foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias.

Foram feitas avaliações relativas à estabilidade fenotípica e previsibilidade de comportamento destes genótipos com relação à severidade, baseando-se nas metodologias propostas por FINLAY & WILKINSON (7) e EBERHART & RUSSEL (5), com o objetivo de se definir a resistência dilatária à antracnose.

Foi definido como índice de ambiente (5), a média da severidade de cada uma das raças de *C. graminicola*.

Adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{jk} = u_j + B_j I_k + d_{jk}$$

Onde:

Y_{jk} = média do genótipo j na raça k de *C. graminicola*;

u_j = média do genótipo j em todas as raças;

B_j = é o coeficiente de regressão que mede a resposta do genótipo j à variação das raças de *C. graminicola*;

I_k = é o índice de ambiente, calculado como um desvio em relação à média das raças de *C. graminicola* envolvidas;

d_{jk} = desvio da regressão do genótipo j na raça k de *C. graminicola*.

Assim, cada genótipo foi caracterizado por três parâmetros: a) a média da severidade; b) um coeficiente de regressão linear relativo aos índices de ambientes (\hat{b}), e c) desvios do modelo linear ($\sigma^2 d = 0$, avaliado pelo R^2).

A resistência dilatária dos genótipos foi descrita através de:

a) **médias:** média alta de doença implica em baixo nível de resistência; média intermediária implica em nível moderado de resistência; média baixa implica em nível alto de resistência;

b) **coeficientes \hat{b} 's, da regressão linear:** \hat{b} 's menores que 1 (tanto mais próximo de zero quanto possível) implicam em resistência dilatária estável; \hat{b} 's acima da unidade implicam em resistência dilatária instável.

c) **coeficientes de determinação do efeito linear:** R^2 elevado implica em alta previsibilidade de comportamento a partir da equação adequadamente ajustada; R^2 baixo implica em baixa previsibilidade de comportamento devido à falta de ajuste da

linearidade da regressão. Ao coeficiente de determinação do efeito linear associa-se a avaliação da significância do desvio da regressão a fim de se observar a existência de resíduo ainda não explicado pela equação de regressão estimada.

Desta forma, considerou-se como genótipo com resistência dilatária elevada, estável e previsível aquele caracterizado por média baixa de doença, \hat{b} menor que a unidade (tanto mais próximo de zero quanto possível) e R^2 elevado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos dados relativos à severidade média da antracnose nos diferentes genótipos de sorgo apresentados no Quadro 1, os genótipos CMSXS207R e CMSXS221B, no plantio I, e CMSXS173R, CMSXS221B e CMSXS101B, no plantio II, apresentaram os menores valores de severidade e, em geral, estes valores não foram alterados em função da raça utilizada.

Quadro 1 - Médias da severidade da antracnose, em genótipos de sorgo inoculados com 6 raças de *Colletotrichum graminicola*, em duas épocas de plantio.

Genótipos	Raça - Plantio I			
	6B	4A	15C	Média
CMSXS203B	43,87*	43,45	46,96	44,76
CMSXS202B	38,37	33,91	39,74	37,34
CMSXS112B	31,94	34,39	39,23	35,18
CMSXS204B	30,24	32,03	35,29	32,52
CMSXS156B	35,46	27,49	31,78	31,57
CMSXS207R	25,98	26,56	30,89	27,81
CMSXS221B	24,10	24,47	25,43	24,66
Média	32,85	31,75	35,62	33,40

Genótipos	Plantio II			
	12A	21E	14C	Média
CMSXS156B	20,41	17,57	15,77	17,91
CMSXS202B	4,32	18,97	21,73	15,00
CMSXS207R	14,76	7,92	3,59	8,75
CMSXS112B	8,37	9,52	2,66	6,85
CMSXS101B	5,06	4,75	3,91	4,57
CMSXS221B	3,41	2,78	4,35	3,51
CMSXS173R	2,52	2,87	1,78	2,39
Média	8,40	9,19	7,68	8,42

*Média de 3 repetições.

A análise de variância para severidade no plantio I é apresentada no Quadro 2. Observou-se que os genótipos diferiram entre si pelo teste F a 5% de probabilidade, no que se refere à severidade média da doença, indicando a existência de variabilidade quanto a resistência, mas apresentaram resposta uniforme e constante para todas as raças utilizadas. Por outro lado, não se observam diferenças significativas, pelo teste F para raças, indicando que os genótipos apresentam algum nível de resistência dilatária para as raças utilizadas neste trabalho, ou que as raças não diferiram entre si quanto à agressividade.

Quadro 2 - Análise de variância para a severidade da antracnose, em genótipos de sorgo, causadas por *Colletotrichum graminicola*, em duas épocas de plantio.

Plantio I		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrados
Repetição	2	295,42*
Cultivar	6	2334,42*
Raça	2	166,30 n.s.
Cultivar * Raça	12	174,98 n.s.
Resíduo	40	581,69
Média: 33,41		
C.V.(%): 11,41		

Plantio II		
Fontes de Variação	G.L	Soma de Quadrados
Repetição	2	43,76 n.s.
Cultivar	6	1905,20*
Raça	2	23,83 n.s.
Cultivar * Raça	12	813,16*
(Cultivar/Raça)	(18)	
Cultivar d. raça 12 A	6	814,06*
Cultivar d. raça 21E	6	805,79*
Cultivar d. raça 14C	6	1098,23*
Resíduo	40	773,79
Média: 8,43		
C.V.(%): 52,13		

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. n.s. = não significativo.

A interação genótipo-raça foi significativa ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, no segundo plantio, indicando que o comportamento de genótipos é dependente da raça inoculada, e que a resistência apresentada por esses genótipos é do tipo vertical incompleta (14, 17).

Os genótipos CMSXS203B, no plantio I, CMSXS202B e CMSXS156B, no plantio II, apresentaram os maiores valores médios da severidade, e os genótipos CMSXS221B e CMSXS207R (plantio I), CMSXS173R, CMSXS221B e CMSXS101B (plantio II) apresentaram os menores valores médios de severidade (Quadro 1).

Na avaliação do potencial genético dos genótipos passíveis de serem utilizados como progenitores de híbridos de sorgo, é de grande importância analisá-los sob o ponto de vista de sua capacidade em gerar híbridos com bom nível de resistência dilatária, principalmente em função da alta mutabilidade vertical de *C. graminicola*, o que propicia aos novos híbridos estarem permanentemente sujeitos às variações das populações do patógeno, com o surgimento de novas raças fisiológicas. Ao se analisar a interação patógeno-genótipo, observou-se que os genótipos CMSXS221B e CMSXS207R (plantio I), e CMSXS173R, CMSXS221B e CMSXS101B (plantio II), apresentaram valores de severidade média aproximadamente iguais (Quadro 1).

Para melhor entender as interações genótipo-ambiente (neste caso raças de *C. graminicola*), aplicou-se aos dados os conceitos de estabilidade fenotípica, conforme proposto por FINLAY & WILKINSON (7) e EBEHART & RUSSEL (5). A estabilidade

fenotípica pode ser definida como sendo a capacidade de um dado genótipo produzir uma pequena variação de fenótipos sob a ação de diferentes ambientes, ou seja, apresentar um comportamento previsível e constante independentemente da qualidade dos estímulos ambientais. Assim sendo, quanto menor for o efeito da variação devida ao ambiente no genótipo maior será sua estabilidade fenotípica.

Neste trabalho, a estabilidade fenotípica foi utilizada como parâmetro para caracterizar resistência dilatária sensu BROWNING et al. (1), nos diferentes genótipos. O nível da resistência dilatária, neste caso mediria então, as mudanças ou variações no comportamento dos genótipos quando ocorressem variações no ambiente, ou seja, na virulência e/ou na agressividade das raças de *C. graminicola*. Assim sendo, genótipo ideal seria aquele que apresentasse comportamento altamente previsível independentemente do surgimento de novas raças fisiológicas do patógeno, sendo que este comportamento pode ser identificado pelos baixos valores dos coeficientes (\hat{b} 's) da regressão linear, sendo ideal que os valores dos \hat{b} 's estejam o mais próximo de zero.

Os valores estimados para os efeitos lineares de regressão, representados pelos coeficientes de regressão (b 's), podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 - Valores dos parâmetros indicadores de resistência dilatária em genótipos de sorgo.

Plantio I					
Genótipo	b*	R ² %	Média	% Sev Média	Classificação RD
CMSXS221B	0,96	92	24,66	149	A/ME/P
CMSXS207R	0,98	96	27,81	156	A/ME/P
CMSXS156B	0,98	97	31,57	161	M/ME/P
CMSXS204B	0,99	97	32,52	162	M/ME/P
CMSXS112B	0,99	97	35,18	165	M/ME/P
CMSXS202B	0,99	98	37,34	168	M/ME/P
CMSXS203B	0,99	98	44,76	176	B/ME/P

Plantio II					
Genótipo	b*	R ² %	Média	% Sev Média	Classificação RD
CMSXS173R	0,94	89	2,39	99	A/ME/P
CMSXS221B	0,97	94	3,51	106	A/ME/P
CMSXS101B	0,95	91	4,57	103	A/ME/P
CMSXS112B	0,95	91	6,85	96	M/ME/P
CMSXS207R	0,97	94	8,75	111	M/ME/P
CMSXS202B	0,99	98	15,0	121	B/ME/P
CMSXS156B	0,97	94	17,9	120	B/ME/P

*valores significativos a nível de 5% de probabilidade onde A = alta, B = baixa, M = média. ME = moderadamente estável. P = previsível.

A inclinação para os índices de ambiente é igual a 1,0, porque foram utilizadas as médias da severidade média em todos os genótipos, em cada raça, como índice. Valores de b maiores que 1,0 significam que a resposta do genótipo a índices de ambientes crescentes, foi maior que a média. Para todos os genótipos, os \hat{b} 's, embora menores que 1,0, foram significativos ao nível de 5% de probabilidade, indicando que a resistência dilatária apresentada por todos os genótipos é medianamente estável. Altos valores obtidos para os desvios de regressão linear (R^2) significam que

para todos os genótipos avaliados, a resistência pode ser previsível. Esses valores dos \hat{b} 's e dos R^2 's aliados aos valores de severidade média em cada genótipo, permitiram indicar os genótipos CMSXS221B, CMSXS207R, CMSXS173R e CMSXS101B, como possuidores de resistência dilatária alta, moderadamente estável e previsível. Apesar destes genótipos apresentarem resistência dilatária moderadamente estável e \hat{b} 's significativos, portanto diferentes de zero, os mesmos podem ser considerados como progenitores promissores para a produção de híbridos de sorgo com resistência dilatária a *C. graminicola*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWNING, J.A., SIMONS, M.D., TORRES, E. Managing host genes: Epidemiology and generic concepts. In: HOSRFALL, J.G., COWLING, E.B. (Ed.), *Plants disease an advance treatise*. New York: Academic Press, 1977. v. 1, p. 191-212.
- CASELA, C.R., FERREIRA, A.S. Identificação de genótipos de sorgo com resistência parcial a *Colletotrichum graminicola*. *Relatório Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988*, Sete Lagoas, p. 128-129, 1991.
- CASELA, C.R., FERREIRA, A.S., SCHAFFERT, R.E. Sorghum disease in Brazil. In: DE MILIANO, W.A.J., FREDERIKSEN, R.A., BENGSTON, G.D., (Ed.) *Sorghum and millets diseases: a second word review*. Patancheru: ICRISAT, 1992. p. 56-62.
- CASELA, C.R., FREDERIKSEN, R.A., FERREIRA, A.S. Evidence for dilatory resistance to anthracnose in sorghum. *Plant Disease*, St. Paul, v. 77, p. 908-911, 1993.
- EBERHART, S.A., RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.
- FERREIRA, A.S., CASELA, C.R. Raças patogênicas de *Colletotrichum graminicola*, agente causal da antracnose em sorgo (*Sorghum bicolor*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 11, p. 83. 87, 1986.
- FINLAY, K.W., WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant. breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Resource*, Collingwood, v. 14, p. 742. 754, 1963.
- GUIMARÃES, F.B. Resistência dilatária à antracnose (*Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson) do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa, 1996. 51p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)- Universidade Federal de Viçosa.
- GUIMARÃES, F.B., CASELA, C.R., RIBEIRO DO VALE, F.X., ZAMBOLIM, L. Resistência dilatária de genótipos de sorgo a diferentes raças de *Colletotrichum graminicola*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 22, p. 269, 1997.
- HARRIS, H.B. JOHNSON, B.J. DOBSON, J.N. LUTTRELL, E.S. Evaluation of anthracnose of grain sorghum. *Crop Science*, Madison, v. 4, p. 460-462, 1964.
- NOTTEGHEM, J.L., ANDRIATOMPO, G.M. Mesuré au champ de la resistance dilatáriae du riz a *Pyricularia orizae*. *Agronomie tropicale*, Nogent-sur-mame, v. 32, p. 400-412, 1977.
- PINTO, L.R.M., SILVA, S.D.V.M., YAMADA, M.M. Estabilidade fenotípica e previsibilidade da resistência do cacauzeiro à *Phytophthora* spp. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 20, p. 416-421, 1995.
- PRABHU, A. S., MORAIS, O.P. Resistência estável às doenças de plantas. In: LUZ, W.C. *Revisão anual de patologia de plantas*, Passo Fundo, RAPP, 1993. v. 1, p. 239-273.
- ROBINSON, R.A. *Plant pathosystems*. Berlin: Springer-Verlag,