

REAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO A *Phaeosphaeria maydis*

JOÃO CÂNDIDO DE SOUZA¹
JAIR MOURA DUARTE²

RESUMO – A *Phaeosphaeria maydis* tem-se tornado um importante patógeno na cultura do milho no Brasil. Conduziu-se este trabalho com objetivo de estudar o nível de resistência de populações primitivas, melhoradas e de híbridos comerciais de milho a *Phaeosphaeria maydis*, cultivados sob dois níveis de adubação, além de comparar a eficiência das estimativas da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em relação à avaliação da severidade da doença, utilizando uma escala de notas variando de 1 (altamente resistente) a 9 (al-

tamente suscetível). Considerando-se os valores obtidos para a AACPD, os materiais genéticos mais resistentes a *Phaeosphaeria maydis* foram Azteca, C 435, AG 1051 e C 333B, ao passo que o mais suscetível foi o AG 9012. Verificou-se também que os dois níveis de adubação empregados não modificam o comportamento das cultivares a *Phaeosphaeria maydis*. Para a avaliação do nível de resistência a esse patógeno, pode-se optar pela avaliação em apenas uma época mais tardia, a qual fornecerá resultados semelhantes à AACPD.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: *Zea mays*, *Phaeosphaeria maydis*, resistência genética.

REACTION OF MAIZE CULTIVARS TO *Phaeosphaeria maydis*

ABSTRACT – *Phaeosphaeria maydis* has been an important pathogen of corn in Brazil. In this work, primitive, improved and hybrid maize cultivars were grown under two fertilizer levels aiming at evaluating the resistance to *P. maydis* and also comparing two evaluation procedures: a) Area Under Disease Progress Curve (AUDPC); b) Disease score in only one

evaluation time. Considering AUDPC, the most resistant cultivars were Azteca, C-435, AG-1051 and C-333B, and the most susceptible was AG-9012. It was noted that the two fertilization levels did not change the reactions of the cultivars to *P. maydis*. In the breeding for resistance to that pathogen the evaluation can be carried out in only one time by the end of the cycle.

INDEX TERMS: *Zea mays*, *Phaeosphaeria maydis*, genetic resistance.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a importância dos patógenos que infectam a cultura do milho tem aumentado, constituindo um dos principais entraves para se continuar obtendo ganhos de produtividade com a cultura (Von Pinho, 1998).

Há pelo menos vinte patógenos ocorrendo na cultura e que podem causar prejuízos expressivos no Brasil (Agrocere, 1996; Reis & Casa, 1996). Dentre esses, o *Phaeosphaeria maydis*, agente etiológico da mancha branca do milho ou mancha de *Phaeosphaeria* ou esferolínea, constitui um dos principais patógenos do milho no País, tanto pela larga distribuição como pe-

los prejuízos que têm causado às cultivares suscetíveis (Silva, 1997).

De acordo com Pereira (1997), a mancha foliar de *Phaeosphaeria* é uma doença de distribuição generalizada pelas áreas produtoras de milho. Contudo, as perdas são dependentes das condições ambientais e do estágio de desenvolvimento no qual a planta é infectada. Plantas infectadas precocemente podem ter sua produtividade reduzida se a umidade relativa for elevada, preferencialmente com água livre na superfície da folha, e as temperaturas, moderadas. Essas condições climáticas são comumente encontradas em regiões acima de 600 m de altitude, sendo a doença mais severa em sementeiras a partir da segunda quinzena de novembro, o que é comum na região de Lavras.

1. Professor, Dr., Departamento de Biologia – UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/UFLA, Caixa Postal 37 – 37200.000 – Lavras, MG. E-mail: cansouza@ufla.br

2. Aluno de Pós-Graduação do Programa Genética e Melhoramento de Plantas – Departamento de Biologia/UFLA.

Os sintomas da doença são lesões que, na fase inicial, são verde-claras ou cloróticas, arredondadas, com 0,5 a 1,5 cm de diâmetro e, posteriormente, de cor palha-clara e com as bordas bem definidas de cor marrom-escuras (Ventura & Resende, 1996). Em cultivares suscetíveis, essas lesões multiplicam-se rapidamente nas folhas inferiores e passam, em seguida, para as folhas acima da espiga. Em grande número, as lesões juntam-se e causam requeima das folhas, que cessam a fotossíntese na fase de enchimento dos grãos, os quais secam prematuramente antes de atingir o seu tamanho normal. Conseqüentemente, as espigas reduzem o seu tamanho e os grãos ficam parcialmente cheios, de cor desbotada, chochos e muitas vezes ardidos; com isso, a produtividade é afetada pela redução da produção de grãos, bem como a qualidade do mesmo fica depreciada. Suas propriedades físico-químicas e nutricionais são afetadas e os prejuízos somam-se (Colorado, 1996).

Muitos autores (Silva *et al.*, 1991; Ventura & Resende, 1996; Silva, 1997; Pereira, 1997) têm afirmado que para o controle da mancha de *Phaeosphaeria*, o uso de cultivares resistentes, nas regiões onde o patógeno encontra melhores condições de desenvolvimento, é o método mais eficiente.

Uma das maneiras de se identificar genótipos com resistência é a utilização da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Esse método pode ser aplicado, por meio de avaliações periódicas da severidade da doença com o uso de escalas próprias, e posterior cálculo, utilizando-se integrações numéricas, da área abaixo da curva de progresso da doença (Campbell & Madden, 1990).

O método da AACPD permite uma avaliação mais estável, sendo menos afetado pelo tempo de análise e flutuações ambientais. A AACPD pode ser usada como descritor de uma epidemia, quando o objetivo é resumir uma curva de progresso de doença em dados que possam ser analisados e comparados (Campbell & Madden, 1990).

Considerando a importância que a mancha de *Phaeosphaeria* apresenta para a região de Lavras, e considerando ainda que as informações a respeito do nível de resistência de híbridos, populações tradicionais e melhoradas, de uso freqüente nessa região, são escassas, realizou-se este trabalho visando a avaliar a reação de populações e híbridos de milho a *Phaeosphaeria maydis*, verificando ainda se essa reação é modificada

por níveis diferentes de adubações químicas utilizadas na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lavras, na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, localizada na região sul do Estado de Minas Gerais, a 910 metros de altitude, 21° 58' S de latitude e 45° 22' de longitude. A semeadura foi realizada no dia 7 de novembro de 1998. Foram avaliadas 10 cultivares, entre híbridos simples, duplos, triplos, populações primitivas e populações melhoradas (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 10 x 2 com três repetições, em que o primeiro fator correspondeu às cultivares e o segundo a dois níveis de adubação no plantio (200 kg/ha e 800 kg/ha da fórmula 4-14-8), não sendo realizada adubação de cobertura.

As parcelas foram constituídas de 4 fileiras de 4,0 m de comprimento, sendo as duas fileiras centrais consideradas como úteis. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m e a densidade de 5 plantas por metro linear, após o desbaste. Durante a condução do experimento, foram empregados todos os tratamentos culturais recomendados à cultura.

A avaliação da severidade da doença foi realizada considerando-se toda a parcela, com o auxílio da escala de notas proposta pela Agrocere (1996), com notas variando de 1, altamente resistentes, a 9, altamente suscetíveis (Figura 1), não sendo realizada inoculação artificial na área experimental. Foram realizadas 4 avaliações, em intervalos de 10 dias, a partir dos 75 dias após a semeadura (D.A.S.).

Os dados da severidade de doença obtidos em todas as épocas foram utilizados para estimar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), segundo Campbell & Madden (1990). Neste trabalho, a AACPD é dada pela soma das áreas de três trapézios, por meio de uma integração trapezoidal, utilizando a seguinte expressão:

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} x (T_{i+1} - T_i) \right]$$

em que:

Y_i: severidade da doença na época de avaliação i (i= 1, ..., n)

Y_{i+1} : severidade da doença na época de avaliação $i + 1$ T_{i+1} : época da avaliação $i + 1$
 T_i : época da avaliação i , que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas

TABELA 1 – Descrição das cultivares utilizadas no experimento.

Cultivares	Base Genética	Empresa	Ciclo	Tipo de Grão
Azteca	População Primitiva (VP)	Domínio Público	Normal	Dentado
Cristal	População Primitiva (VP)	Domínio Público	Normal	Duro
BR 105	População Melhorada (VM)	EMBRAPA	Normal	Duro
BR 106	População Melhorada (VM)	EMBRAPA	Semiprecoce	Semidentado
C 435	Híbrido Duplo (HD)	Cargill	Precoce	Duro
AG 1051	Híbrido Duplo (HD)	Agroceres	Normal	Dentado
C 505	Híbrido Triplo (HT)	Cargill	Precoce	Semiduro
AG 5011	Híbrido Triplo (HT)	Agroceres	Precoce	Semidentado
C 333B	Híbrido Simples (HS)	Cargill	Semiprecoce	Duro
AG 9012	Híbrido Simples (HS)	Agroceres	Superprecoce	Duro

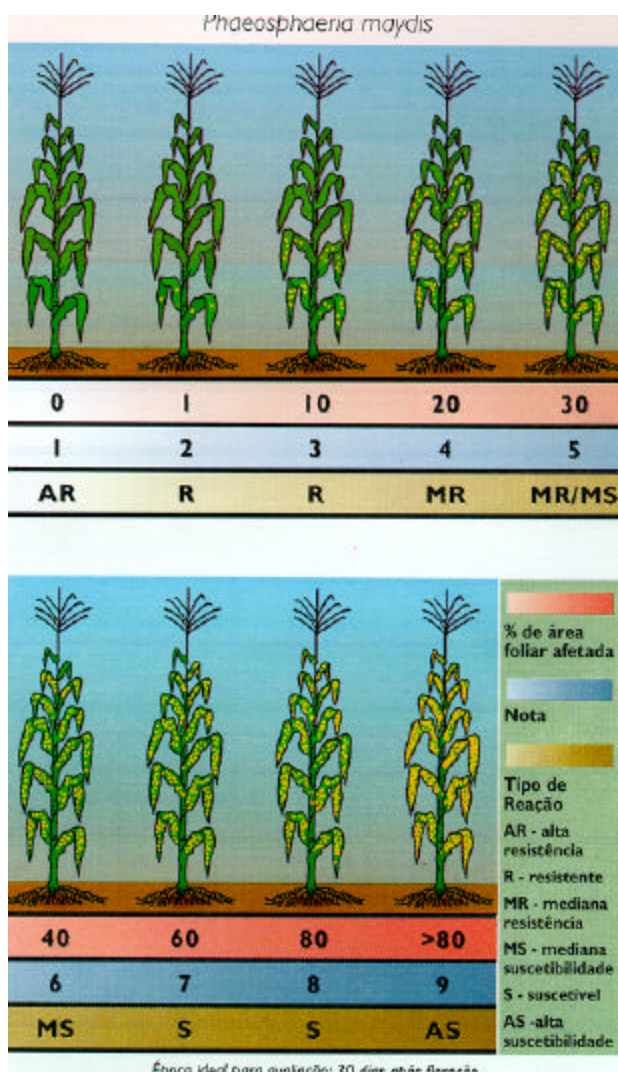


FIGURA 1 – Escala diagramática para avaliação de mancha-branca. Adaptado de Agrocere (1996).

Com as notas de avaliação em cada época, média das quatro avaliações e com a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), foi realizada uma análise de variância seguindo o seguinte modelo estatístico, considerando todos os efeitos como fixo, exceto o erro experimental:

$$Y_{ijk} = m + b_k + t_i + a_j + ta_{ij} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado da parcela que recebeu a cultivar i e a adubação j no bloco k

m : efeito da média geral

b_k : efeito do bloco k ($k = 1, 2, 3$)

t_i : efeito da cultivar i ($i = 1, 2, \dots, 10$)

a_j : efeito da adubação j ($j = 1, 2$)

ta_{ij} : efeito da interação da cultivar i com a adubação j

e_{ijk} : efeito do erro experimental

Foram obtidas também estimativas de correlação classificatória de Spearman (Steel & Torrie, 1980) entre as avaliações da severidade da doença em cada época de avaliação, com a média da severidade da doença nas 4 épocas e com a AACPD. As análises de variância foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (Ferreira, 1988) e as correlações obtidas com o software MAPGEN (Ferreira, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para as notas médias para severidade da doença em cada época, para a média das notas nas 4 épocas e para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), estão apresentados na Tabela 2. Com exceção da época 1, constataram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação cultivares. Isso mostra que ocorreu variabilidade entre as 10 cultivares para a reação ao patógeno *Phaeosphaeria maydis*. Percebe-se, ainda, que em nenhuma das épocas de avaliação ou mesmo considerando a média das épocas de avaliação ou a AACPD, as fontes de variação adubação ou cultivares x adubação foram significativas, inferindo-se que o nível de resistência das cultivares não foi influenciado pelos dois níveis de adubação empregados, e que o comportamento dessas foi independente da adubação.

A não-significância da fonte de variação cultivares na época 1 dá uma indicação de que essa época (75 D.A.P.) não é adequada para uma correta discriminação dos cultivares, haja vista o processo de expressão de sintomas ainda estar no início. Isso pode ser verificado ainda pelo CV expressivamente maior nessa época de avaliação (33,87%), e também pela nota média dessa época, que foi muito próxima de 1 (1,30), inferindo-se que as cultivares praticamente não exibiram sintomas da doença aos 75 D.A.S.

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de correlação de Spearman entre as notas de severidade de doença em cada época, média das épocas de avaliação e a AACPD. Percebe-se que todas as correlações foram positivas e significativas ($P \leq 0,01$), embora as que envolveram a época 1 foram relativamente de menor magnitude. Isso pode ser explicado pelo fato de que essa época de avaliação não permitiu a discriminação do nível de resistência das cultivares estudadas, graças à menor severidade de doença. Para que os valores de correlação

sejam elevados, é preciso que haja variabilidade para os caracteres avaliados. Por meio desse resultado, reforçam-se também os obtidos com a análise de variância, os quais inferem-se que esta época (75 D.A.S.) ainda não é adequada para a avaliação do nível de resistência das cultivares a *Phaeosphaeria maydis*. As correlações elevadas encontradas entre as épocas 3 e 4 e a AACPD demonstram que as mesmas informações obtidas com relação ao nível de resistência dos materiais estudados, quando se trabalha com a AACPD, podem ser obtidas pela avaliação em apenas uma dessas épocas. Isso é um fator importante, principalmente para o trabalho do melhorista de plantas, que trabalha com grande número de materiais e, dessa forma, a avaliação em apenas uma época significa economia de trabalho e tempo, e, por conseguinte, maior eficiência no processo seletivo. Na Tabela 4, onde estão representados os valores da AACPD, observa-se que essa variou de 56,17, para o híbrido simples C333 B, até 133,58, para o AG 9012, um outro híbrido simples. Considerando o teste de Skott Knott, foram formados 4 grupos que se diferenciam com relação ao nível de resistência a *Phaeosphaeria maydis*. Os materiais mais resistentes foram Azteca (VP), C 435 (HD), AG 1051 (HD) e C 333B (HS), e o mais suscetível foi o AG 9012 (HS). Observa-se ainda que materiais com boa resistência puderam ser encontrados, independente de sua base genética, com exceção apenas para as populações melhoradas, que não tiveram nenhum dos dois representantes entre o grupo dos mais resistentes. Chama a atenção o fato de que a população primitiva Azteca possui bom nível de resistência a *Phaeosphaeria maydis*, deduzindo-se que sua utilização desde antes de 1960 tem permitido o acúmulo de alelos favoráveis para resistência horizontal pela recombinação genética nos cultivos sucessivos.

TABELA 2 – Resumos das análises de variância para a severidade média de *Phaeosphaeria maydis*, considerando cada época de avaliação separadamente, a média das quatro épocas e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

F.V.	Época 1 (75 D.A.S)		Época 2 (85 D.A.S.)		Época 3 (95 D.A.S.)	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Bloco	2	0,65*	2	0,81	2	1,80*
Cultivares (C)	9	0,21	9	2,17**	9	4,49**
Adubação (A)	1	0,07	1	0,06	1	0,07
C x A	9	0,21	9	0,14	9	0,25

Erro	38	0,19	38	0,27	38	0,40
Média	1,30		2,53		3,10	
C.V. (%)	33,87		20,62		20,31	

F.V.	Época 4 (105 D.A.S.)		Média		AACPD	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Bloco	2	1,55	2	1,07*	2	1068,33*
Cultivares (C)	9	15,45**	9	3,69**	9	3449,82**
Adubação (A)	1	0,07	1	0,00	1	0,07
C x A	9	0,92	9	0,19	9	161,34
Erro	38	0,92	38	0,24	38	225,21
Média	4,10		2,76		86,93	
C.V. (%)	23,37		17,83		17,26	

* e ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 3 – Coeficiente de correlação de Spearman entre as notas para a severidade da doença em cada época, média das épocas de avaliação e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

	85 D.A.S.	95 D.A.S.	105 D.A.S.	Média	AACPD
75 D.A.S.	0,46**	0,52**	0,46**	0,61**	0,58**
85 D.A.S.		0,77**	0,68**	0,83**	0,87**
95 D.A.S.			0,85**	0,94**	0,96**
105 D.A.S.				0,95**	0,92**
Média					0,97**

** Significativamente diferente de zero a 1% de probabilidade

TABELA 4 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) obtida para a severidade de *Phaeosphaeria maydis*, utilizando a escala proposta pela Agrocerec (1996).

Cultivares	AACPD
Azteca	69,25 A
Cristal	80,83 B
BR 105	114,75 C
BR 106	92,58 B
C 435	63,25 A
AG 1051	73,08 A

C 505	98,92 C
AG 5011	86,92 B
C 333B	56,17 A
AG 9012	133,58 D

Média	86,93
CV (%)	17,26

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Avaliando-se a classificação da resistência das cultivares de acordo com a proposta da escala diagramática da Agrocerec (1996) e considerando-se a severidade da doença na época 4, observa-se, de modo geral, a

mesma classificação quando se considera a AACPD, sendo classificados como materiais resistentes Azteca, C 435 e C 333 B, e como suscetível o AG 9012 (Tabela 5). Nessa avaliação, a nota média foi de 4,10, e está de acordo com os resultados obtidos por Silva *et al.* (1991) que, utilizando a mesma escala aplicada em 20 híbridos precoces de milho avaliados em diferentes épocas, verificaram, no período de maior incidência de doença, uma nota

média entre 4 e 5. Para os híbridos avaliados neste trabalho, os resultados também estão de acordo com as informações do nível de resistência a *Phaeosphaeria maydis* fornecidos pelas empresas produtoras de sementes, o que significa que tanto a forma de avaliação, como o potencial de inóculo na área, foram adequados para uma correta avaliação das cultivares.

TABELA 5 – Classificação da resistência das cultivares de acordo com a proposta da escala da Agroceres (1996), considerando-se a severidade da doença aos 105 D.A.S. (época 4).

Cultivares	Nota (Média)	Tipo de Reação
Azteca	2,83	Resistente
Cristal	3,67	Mediana resistência
BR 105	5,50	Mediana resistência/Mediana suscetibilidade
BR 106	5,17	Mediana resistência/Mediana suscetibilidade
C 435	2,67	Resistente
AG 1051	3,67	Mediana resistência
C 505	4,16	Mediana resistência
AG 5011	3,83	Mediana resistência
C 333B	2,00	Resistente
AG 9012	7,50	Suscetível
Média	4,10	
CV (%)	23,37	

CONCLUSÕES

Os híbridos C 435, AG 1051 e C 333B são os mais indicados para plantios em locais onde o índice de ocorrência da mancha-branca é mais acentuado.

Os dois níveis de adubação empregados não modificam o comportamento das cultivares a *Phaeosphaeria maydis*.

Para a avaliação do nível de resistência a esse patógeno, pode-se optar pela avaliação apenas em uma época mais tardia, a qual fornece resultados semelhantes à AACPD.

AGROCERES. **Guia agroceres de sanidade**. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 72 p.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. Monitoring epidemics: diseases. In: _____. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. cap.6, p.107-128.

COLORADO. **Guia de híbridos colorado**. Orlândia: Sementes Colorado, 1996. 43 p.

FERREIRA, D.F. MAPGEN - Universidade Federal de Lavras - UFLA, 1995. (Software não publicado).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, D.F. SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados - Universidade Federal de Lavras - UFLA 1988. (Software não publicado).

PEREIRA, O.A.P. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A. *et al.* (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v.2, p.538-555.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 80 p.

SILVA, H.P. Incidência de doenças fúngicas na 'Safriinha'. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO 'SAFRINHA' 4., 1997, Campinas. **Anais...** Assis: IAC/CDV, 1997. p.81-86.

SILVA, H.P.; PEREIRA, O.A.P.; MACHADO, J.; MONELLI, V.L. Identificação e controle das doenças do

milho. **Informativo Coopercitrus**, Bebedouro, v.61, n.1, p.18-24, mar. 1991.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.K. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. Tokio: Mc Graw-Hill, 1980. 663 p.

VENTURA, J.A.; RESENDE, I.C. Doenças do milho. In: _____. **Manual técnico para a cultura do milho no Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1996. p.151-167.

VON PINHO, R.G. **Metodologias de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência do milho a *Puccinia polysora* e *Physopella zae***. 1998. 140 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.