

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 84

ISSN 1679-0154
Dezembro, 2013

Variáveis Epidemiológicas Associadas à Mancha-Branca- do-Milho



ISSN 1679-0154
Dezembro, 2013

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 84

Variáveis Epidemiológicas Associadas à Mancha-Branca- do-Milho

Rodrigo Vêras Costa
Luciano Viana Cota
Dagma Dionísia da Silva
José Edson Fontes Figueiredo
Walter Fernandes Meirelles
Carlos Roberto Casela
Fabrício Eustáquio Lanza
Laércio Zambolim
Luzia Doretto Paccola Meirelles

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
Home page: www.cnpms.embrapa.br
E-mail: cnpms.sac@embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Dagma Dionísia da Silva, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Monica Matoso Campanha, Maria Marta Pastina, Rosângela Lacerda de Castro e Antonio Claudio da Silva Barros.

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Foto(s) da capa: Fabrício E. Lanza

1ª edição

1ª impressão (2013): on line

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo**

Variáveis epidemiológicas associadas à mancha-branca-do-milho / Rodrigo Veras da Costa... [et al.] – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2013.
25 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 84).

1. Doença de planta. 2. *Pantoea ananatis*. 3. *Zea mays*.
I. Costa, Rodrigo Veras da. II. Série.

CDD 632.32 (21. ed.)

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões	27
Referências	27

Variáveis Epidemiológicas Associadas à Mancha-Branca-do-Milho

Rodrigo Véras Costa¹
Luciano Viana Cota²
Dagma Dionísia da Silva³
José Edson Fontes Figueiredo⁴
Walter Fernandes Meirelles⁵
Carlos Roberto Casela⁶
Fabício Eustáquio Lanza⁷
Laércio Zambolim⁸
Luzia Doretto Paccola Meirelles⁹

Resumo

Mancha-branca-do-milho (MBM), anteriormente conhecida por mancha-de-feosféria (MF), tornou-se uma das doenças mais importantes do Brasil. A incidência e a gravidade da doença MBM têm aumentado significativamente desde os anos 90 e ela pode ser encontrada em quase todas as áreas de cultivo de milho. Neste estudo, as variáveis epidemiológicas

¹Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rodrigo.veras@embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, luciano.cota@embrapa.br

³Engenheira Agrônoma, D.Sc em Fitopatologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, dagma.silva@embrapa.br

⁴Biólogo, D.Sc. em Genética Molecular, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, jose.edson@embrapa.br

⁵Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador da Embrapa e Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, walter.meirelles@embrapa.br

⁶Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, Pesquisador aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, caselacarlos@hotmail.com

⁷Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Fitopatologia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, falanza@bol.com.br

⁸Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, Professor Titular na Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, zambolim@ufv.br

⁹Bióloga, Ph.D. em Fitopatologia, Professora Sênior da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, paccola@uel.br

associadas com a resistência à doença MBM foram avaliadas com oito híbridos simples, um híbrido duplo, um híbrido triplo e cinco linhagens. As avaliações foram feitas em dois ensaios, usando-se delineamento em blocos casualizados com três repetições, em duas épocas de plantio. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade da doença no final da epidemia (Y_{\max}) foram as variáveis epidemiológicas que melhor diferenciam genótipos de milho resistentes MBM. Uma linhagem pura e três híbridos simples foram altamente resistentes à doença. Duas linhagens foram identificadas como novas fontes de resistência à MBM e poderão ser utilizadas em programas de melhoramento.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Pantoea ananatis*, severidade da doença, mancha-de-feosféria, resistência genética.

Epidemiological Variables Associated with Maize Resistance to White Spot Disease

*Rodrigo Véras Costa*¹

*Luciano Viana Cota*²

*Dagma Dionísia da Silva*³

*José Edson Fontes Figueiredo*⁴

*Walter Fernandes Meirelles*⁵

*Carlos Roberto Casela*⁶

*Fabício Eustáquio Lanza*⁷

*Laércio Zambolim*⁸

*Luzia Doretto Paccola Meirelles*⁹

Abstract

Maize white spot (MWS), formerly *Phaeosphaeria* leaf spot (PLS), has become one of the most important diseases in Brazil. The incidence and severity of MWS disease has increased significantly since the 90s and it can be found in almost all Brazilian maize-growing areas. In this study, the epidemiological variables associated with maize resistance to MWS disease were assessed with eight simple hybrids, one double hybrid, one triple hybrid and five inbred lines evaluated in two trials in a randomized block design with three replicates in two planting times. The area under disease progress curve (AUDPC) and disease severity at the end of the epidemic (Y_{\max}) were the epidemiological variables that better differentiate maize genotypes resistant to MWS disease. One inbred line and three simple hybrids were high resistant to MWS. Two inbred lines were identified as new sources of resistance and may be used in breeding programs for maize resistance to MWS disease.

Keywords: *Zea mays*, *Pantoea ananatis*, disease severity, *Phaeosphaeria* leaf spot, genetic resistance.

Introdução

A mancha-branca (*Pantoea ananatis*) é uma doença endêmica no Brasil e sua incidência e severidade têm aumentado significativamente a partir dos anos 90, podendo ser encontrada em praticamente todas as regiões onde o milho é cultivado (FERNANDES; OLIVEIRA, 1997). Em cultivares suscetíveis, a doença pode reduzir a produção de grãos em até 63,1% (PINTO, 1999). Folhas com 10-20% de severidade apresentam uma redução na taxa fotossintética líquida de 40%, resultando também em reduções na produção de grãos de cerca de 60% (GODOY et al., 2001). Essa correlação negativa entre a produtividade do milho e a severidade da doença tem sido relatada por vários autores nas condições brasileiras (SAWAZAKI et al., 1997; BRASIL; CARVALHO, 1998; PEGORARO et al., 2001).

Os sintomas da mancha-branca são caracterizados pela formação de lesões inicialmente circulares, aquosas e verde-claras (anasarcas). Posteriormente, essas lesões tornam-se necróticas, de coloração palha, circulares a elípticas. Geralmente são encontradas dispersas no limbo foliar, mas iniciam-se na ponta da folha, progredindo para a base, podendo coalescer. Em geral, os sintomas surgem inicialmente nas folhas inferiores, progredindo rapidamente para a parte superior das plantas. Os sintomas são mais evidentes e severos após o pendoamento (COSTA et al., 2010). Uma elevada severidade da doença confere à planta um aspecto de queima, podendo causar a seca prematura das folhas e redução do ciclo da planta. Dependendo diretamente da suscetibilidade da cultivar e das condições ambientais, os danos podem ser

relevantes quando os sintomas aparecem antes ou durante o florescimento (FERNANDES; OLIVEIRA, 1997).

São consideradas condições favoráveis para a mancha-branca a ocorrência de umidade relativa acima de 60% e de temperaturas noturnas em torno de 14 °C. Os plantios tardios de milho, realizados a partir de novembro, em geral, permitem que a cultura se desenvolva sob altas precipitações pluviométricas, propiciando as condições adequadas para o desenvolvimento da doença (FERNANDES; OLIVEIRA, 1997; GODOY et al., 1999).

Dentre as estratégias de manejo da mancha-branca, o uso da resistência genética é considerado uma alternativa eficiente, viável, segura e de menor impacto ambiental para o manejo desta enfermidade (SAWAZAKI et al., 1997; PEREIRA et al., 2005; FIDELIS et al., 2007). Contudo, a falta de estudos sobre o desenvolvimento da doença durante o ciclo da cultura tem prejudicado a escolha de medidas corretas de manejo da mancha-branca. O presente trabalho visou a estudar as variáveis epidemiológicas associadas com a doença mancha-branca-do-milho (MBM).

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Embrapa, localizado em Sete Lagoas, MG. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 15 tratamentos e 3 repetições. O híbrido suscetível DAS657, considerado como fonte de inóculo, foi semeado na parte frontal dos experimentos, e no restante do perímetro da área foi plantado o híbrido BRS1010 resistente à MBM. Foram avaliados os híbridos BRS2022, BRS1010,

1D2195, BRS1040, BRS1035, BRS1031, BRS3025, BRS1030, 2B710 e P30F35, e as linhagens L1, L2, L3, L4 e L5 (Tabela 1). As parcelas experimentais foram constituídas de uma linha de 5 metros e média de cinco plantas por metro. As parcelas foram isoladas entre si pelo plantio de uma linha de 5 metros do híbrido resistente BRS1010. O experimento foi plantado em espaçamento 0,8 entre linhas e média de cinco plantas por metro, em duas épocas (03/12/2008 e 27/01/2009), seguindo as práticas de adubação e irrigação recomendadas para a cultura do milho.

Tabela 1. Híbridos de milho e linhagens progenitoras avaliados para reação à mancha-branca.

Genótipo	Parentais
BRS2022	(L2 X L5) X (L1 X desconhecido)
BRS1010	L1 X L2
1D2195	L1 X L4
BRS1040	L3 X L2
BRS1035	L1 X L5
BRS1031	L3 X L5
BRS3025	(L1 X desconhecido) X (L2)
BRS1030	L1 X desconhecido
2B710	desconhecido
P30F35	desconhecido
L1	-
L2	-
L3	-
L4	-
L5	-

Avaliou-se a severidade da MBM através da escala de notas com valores de 1 a 9, onde 1 = 0%; 2 = 1%; 3 = 10%; 4 = 20%; 5 = 30%; 6 = 40%; 7 = 60%; 8 = 80%; 9 = 100%, sendo 1 indicativo de alta resistência; 2 e 3, de resistência; 4, de resistência mediana; 5 e 6, de uma suscetibilidade moderada; 7 e 8, de suscetibilidade; e 9, de alta suscetibilidade. As avaliações foram realizadas semanalmente, a partir do aparecimento dos primeiros sintomas, o que coincidiu aproximadamente com a fase de pendoamento, até o final do ciclo da cultura, totalizando em nove avaliações. Utilizou-se a severidade média de seis plantas de cada parcela para a realização das análises estatísticas. Foram estimados os valores de severidade da MBM na metade da epidemia, severidade média (Y_{50}) e severidade ao final da epidemia ou severidade máxima ($Y_{m\acute{a}x}$). Foi também calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

Aos dados, procedeu-se o ajustamento aos modelos monomolecular, logístico e de Gompertz, por meio de regressão não linear (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Para seleção do melhor modelo, adotaram-se os critérios: menor valor do quadrado médio do resíduo e maior valor do coeficiente de determinação (R^2), além da normalidade e homogeneidade de resíduo.

Os valores de Y_{50} , $Y_{m\acute{a}x}$ e AACPD foram submetidos à análise de variância (ANOVA), comparados pelo teste de Fisher LSD a 5% de probabilidade. Foram obtidas também as estimativas das taxas de progresso da doença (r) para cada genótipo, obtidas por meio da regressão, e comparadas por meio do intervalo de confiança a 95% de probabilidade (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SAS System versão 8.0.

Para a análise de correlação de Pearson foram consideradas quatro variáveis epidemiológicas (Y_{50} , $Y_{máx}$, AUDPC e r). Os coeficientes de correlação de Pearson foram testados pelo teste t com 1% de probabilidade. A escolha da técnica aglomerativa que melhor se adequava aos dados obtidos nos dois experimentos foi feita pela análise visual dos padrões de agrupamentos e também pela análise dos dados apresentados na Tabela 2. O dendrograma foi construído com base em quatro grupos distintos de resistência a MBM. Os níveis de resistência foram definidos como resistente (R), moderadamente resistente (MR), moderadamente suscetível (MS) e suscetível (S). A análise da função discriminante, usada para testar a qualidade dos agrupamentos formados pela técnica de cluster aglomerativo, foi realizada com o programa MINITAB versão 14.

Durante a condução dos experimentos, obtiveram-se os valores médios de precipitação, umidade relativa e temperaturas máxima e mínima diárias da estação meteorológica principal da Embrapa Milho e Sorgo, localizada a 400 metros dos experimentos.

Tabela 2. Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), severidade da mancha-branca aos 88 (Y_{50}) e aos 116 dias (Y_{max}) após o plantio, nas diferentes safras, em diferentes genótipos de milho.

Genótipo	Safrinha			Safrã		
	AACPD*	Y_{50} *	Y_{max} *	AACPD*	Y_{50} *	Y_{max} *
BRS1030	85,75 a	0,00 a	0,304 a	108,69 a	0,066 a	0,356 a
L1	134,36 ab	0,113 bc	0,308 a	540,75 d	0,272 def	0,579 d
BRS1035	148,94 abc	0,127 bc	0,349 ab	150,30 ab	0,077 ab	0,394 ab
BRS1010	162,36 abc	0,119 bc	0,383 abc	224,58 abc	0,135 abc	0,448 abc
BRS1031	233,14 abc	0,139 bcd	0,397 abc	387,91 bcd	0,191 bcde	0,536 cd
L3	274,94 abcd	0,061 ab	0,474 cd	819,77 ef	0,224 cde	0,853 e
L5	322,77 bcd	0,137 bcd	0,461 bcd	386,55 bcd	0,155 abcd	0,561 cd
L2	342,02 bcde	0,131 bc	0,522 d	104,41 a	0,078 ab	0,323 a
BRS2022	352,33 cde	0,175 cde	0,505 cd	500,89 cd	0,236 cdef	0,536 cd
1D2195	446,44 de	0,235 de	0,553 de	550,66 de	0,293 ef	0,555 cd
2B710	452,47 de	0,074 ab	0,684 f	317,33 abcd	0,133 abc	0,517 bcd
BRS3025	537,44 ef	0,254 e	0,572 def	333,66 abcd	0,209 cde	0,450 abc
L4	724,69 fg	0,241 e	0,672 ef	1183,58 g	0,447 g	0,855 e
P30F35	781,27 g	0,259 e	0,813 g	478,33 cd	0,269 def	0,573 cd
BRS1040	857,69 g	0,264 e	0,819 g	912,91 fg	0,347 fg	0,824 e

*medias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste Fisher LSD ($\alpha=0,05$). Para análise de Y_{50} e Y_{max} , os valores foram submetidos a transformação angular: arco seno ($\sqrt{\text{severidade}/100}$).

Resultados

Para a maioria dos genótipos testados, maiores valores de severidade da MBM foram encontrados no plantio da época 2. As médias gerais de AACPD dos genótipos foram de 390,44 e 466,68 para as épocas 1 e 2, respectivamente (Figura 1). O aumento da AACPD coincidiu com diminuição da temperatura mínima média diária entre as épocas de plantio (19,44 °C e 17,42 °C, médias das épocas 1 e 2 respectivamente), em que a umidade relativa média manteve-se em torno de 75% (Figuras 2 e 3).

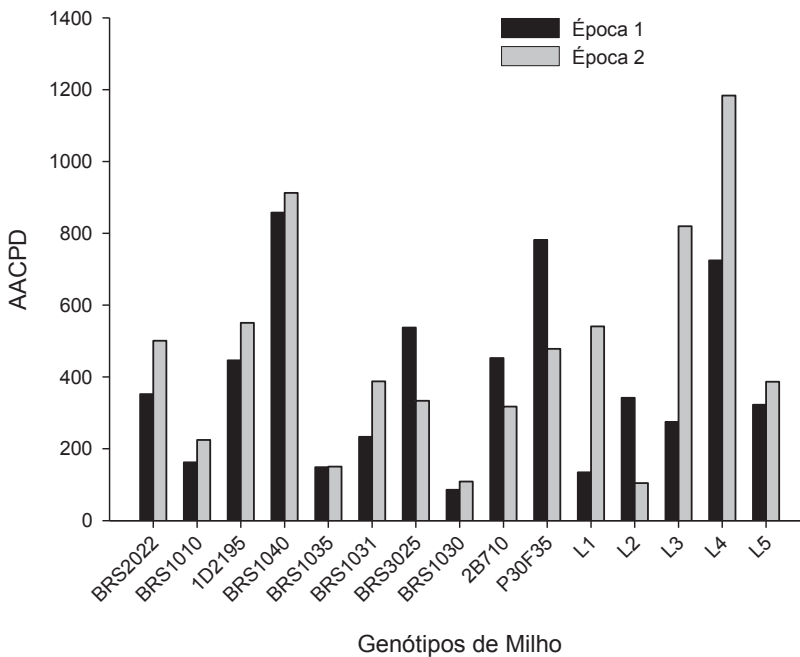


Figura 1. Área abaixo da curva de progresso da mancha-branca (AACPD) de 15 genótipos de milho em duas épocas de plantio.

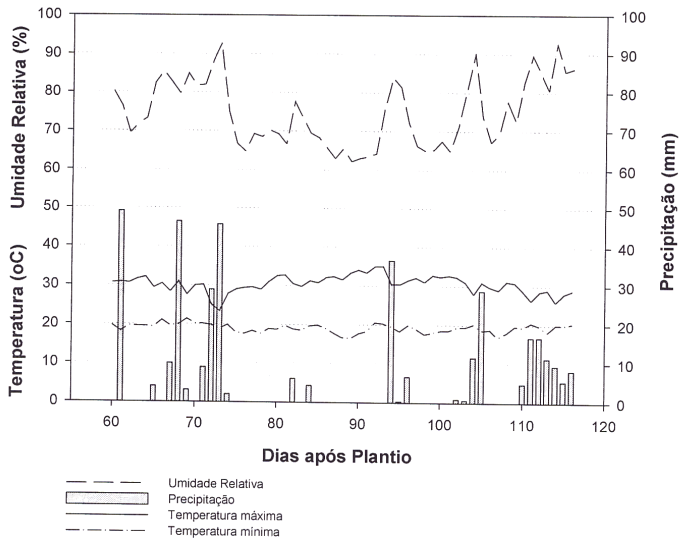
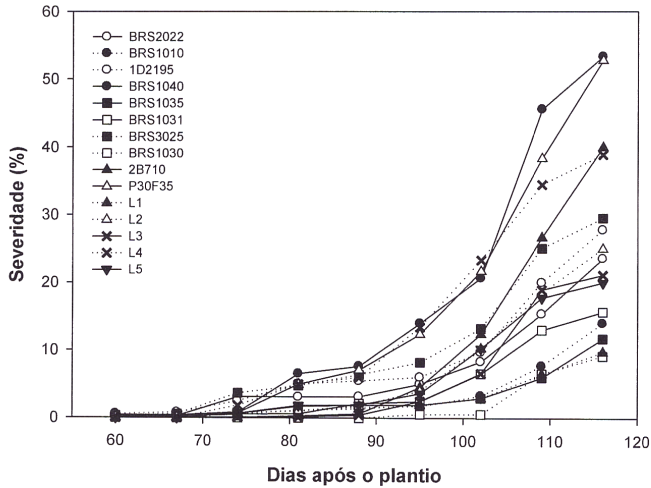


Figura 2. (A) Progresso da mancha-branca (*Pantoea ananatis*) em diferentes genótipos de milho (*Zea mays*) na época 1. (B) Variáveis climáticas: temperaturas máxima e mínima diárias, umidade relativa média e precipitação acumulada diária.

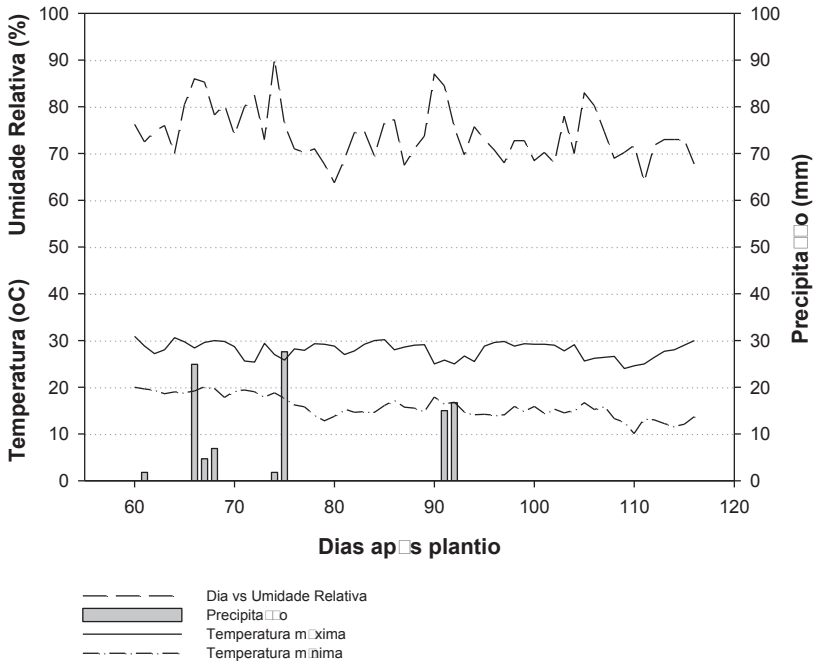


Figura 3. (A) Progresso da mancha-branca (*Pantoea ananatis*) em diferentes genótipos de milho (*Zea mays*) na época 2. (B) Variáveis climáticas: temperaturas máxima e mínima diárias, umidade relativa média e precipitação acumulada diária.

No plantio de safra (época 1), os híbridos BRS1030, BRS1035, BRS1031, BRS1010 e as linhagens L1 e L3 apresentaram os menores valores de AACPD ($P < 0,05$). No plantio safrinha (época 2), os genótipos BRS1030, BRS1035, BRS1010, BRS3025, 2B710 e L2, foram os que apresentaram os menores valores de AACPD ($P < 0,05$). Analisando os plantios da época 1 e 2 foi possível inferir que os híbridos BRS1030, BRS1035 e BRS1010 foram os

mais resistentes, apresentando os menores valores de AACPD (Tabela 2).

Os genótipos diferiram entre si ($P < 0,05$), quanto a severidade nas variáveis Y_{50} (88 dias após plantio) e $Y_{máx}$ (116 dias após plantio), tanto para a época 1 quanto para a 2 (Tabela 2). Considerando o plantio da época 1, os genótipos BRS1030, 2B710 e L3 obtiveram os menores valores de Y_{50} não diferindo entre si ($P > 0,05$). No plantio da época 2, os genótipos BRS1030, 2B710, BRS1035, BRS1010, L2 e L5 foram os que obtiveram os menores valores de Y_{50} . Valores mais baixos de Y_{50} , analisando juntamente as épocas 1 e 2, foram obtidos para o genótipo BRS1030 seguido do 2B710. Considerando-se $Y_{máx}$ na época 1, os genótipos BRS1030, BRS1031, BRS1035, BRS1010 e L1, foram os que apresentaram os menores valores, enquanto na época 2, os genótipos BRS1030, BRS1035, BRS1010, BRS3025 e L2 apresentaram os menores valores de $Y_{máx}$ e não diferiram entre si. Analisando $Y_{máx}$ nas épocas de plantio 1 e 2, os genótipos BRS1030, BRS1035 e BRS1010 se destacaram, obtendo os menores valores. Tanto para AACPD, Y_{50} e $Y_{máx}$ e épocas 1 e 2, os genótipos BRS1040 e L4 apresentaram valores significativamente superiores aos demais ($P < 0,05$).

As Figuras 2 e 3 mostram as curvas de progresso da MBM para os diferentes tratamentos ao longo dos períodos de cultivo do milho (épocas 1 e 2), de dezembro a maio de 2008/2009. Os híbridos BRS1030 e BRS1035 apresentaram menor progresso da MBM durante todo o ciclo da cultura, consideradas as duas épocas de plantio. A severidade da doença manteve-se abaixo de 8,87% e 12,56% para o híbrido BRS1030, e 11,51% e 15,22% para o híbrido BRS1035, nas épocas 1 e 2, respectivamente. As linhagens L1 na época 1 e L2 na época 2

se destacaram por manter a severidade da doença abaixo de 9,72% e 10,22%, respectivamente. Foi possível notar que houve maior desenvolvimento da doença a partir de 102 dias após o plantio, o que coincide aproximadamente com o período de enchimento de grãos para a maioria dos genótipos testados. Maior progresso da MBM ocorreu no híbrido BRS1040, seguido da linhagem L4, considerando-se as épocas 1 e 2.

Obteve-se melhor ajuste dos dados de progresso da doença com o modelo monomolecular (regressão não linear). Em relação à taxa de progresso, para a maioria das comparações entre os genótipos, não houve diferença significativa, tanto para época 1 quanto para época 2 (Tabela 4). Considerando-se o genótipo que apresentou menores valores de AACPD, Y_{50} e $Y_{máx}$ na época 1, o híbrido BRS1030 apresentou diferença ($P < 0,05$) com relação a taxa de progresso (r), somente em comparação com os genótipos L4 e BRS3025. Levando-se em consideração a época 2, o mesmo genótipo diferenciou-se da maioria dos genótipos, sendo igual aos genótipos BRS1010, BRS1035, 2B710, L2 e L5, não sendo possível uma boa diferenciação dos genótipos quando se utilizou a taxa de progresso da doença.

Coefficientes de correlação de Pearson foram estimados entre as variáveis epidemiológicas avaliadas (Tabela 3). Todas as variáveis apresentaram correlação significativa ($P < 0,05$). Fortes índices de correlação (acima de 0,92) foram observados entre as variáveis $Y_{máx}$ e AACPD em ambos os experimentos.

O agrupamento das cultivares em quatro níveis de resistência a MBM, com 100% de precisão foi realizado com base na distância Euclidiana padrão e o método de ligação completo. Os híbridos BRS1030, BRS1035, BRS1010, e a linhagem L2 foram

classificadas como resistentes. Os híbridos 2B710, BRS1031, e as linhagens L1, L3, e L5 foram moderadamente resistentes, e os genótipos P30F35, 1D2195, BRS3025, e BRS2022 foram moderadamente suscetíveis. O híbrido BRS1040 e a linhagem L4 foram classificados como suscetíveis (Figura 4).

Tabela 3. Estimativa da correlação entre variáveis epidemiológicas para a mancha-branca-do-milho em dois experimentos realizados nos períodos 03/12/2008 e 27/01/2009 .

Variáveis ¹	Y ₅₀	Y _{max}	AUDPC
Y _{max}	0.608**	-	-
AUDPC	0.702**	0.929**	-
r	-0.813**	0.688**	0.764**
Variáveis ²	Y ₅₀	Y _{max}	AUDPC
Y _{max}	0.731**	-	-
AUDPC	0.869**	0.944**	-
r	-0.861**	-0.704**	-0.756**

*Significativo pelo teste t ($P < 0,05$) **Significativo pelo teste t ($P < 0,01$). Variáveis: Y₅₀ = severidade na metade da epidemia; Y_{max} = severidade máxima; AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença; r = taxa de progresso da doença. Variáveis¹ = época 1; Variáveis² = época 2.

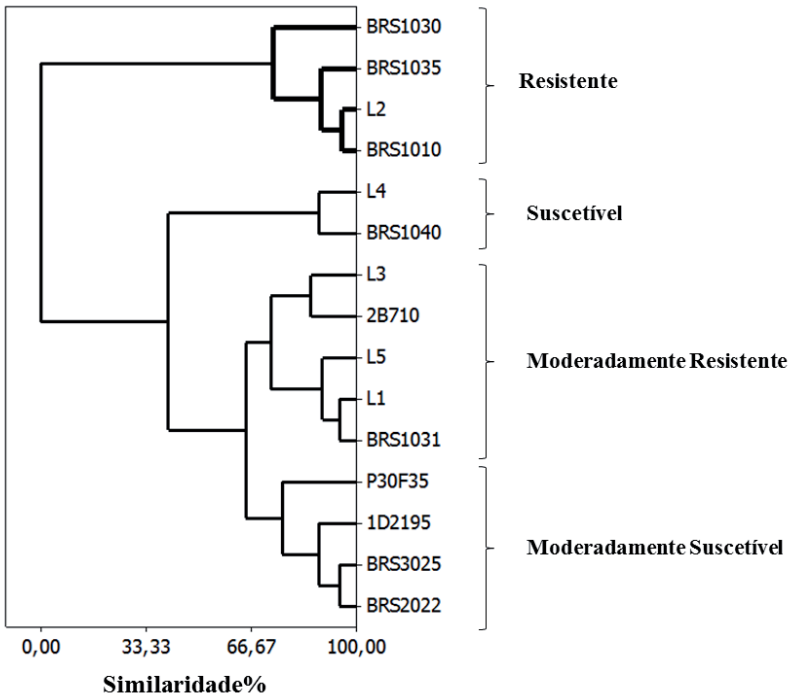


Figura 4. Dendrograma do nível de resistência de quinze genótipos de milho à doença mancha-branca-do-milho.

Discussão

Os resultados obtidos nesse experimento são coerentes com os relatos na literatura, no que diz respeito a diferenças na severidade da MBM em função da época de plantio. A realização de plantios mais cedo, nos quais a fase de maior suscetibilidade das plantas não coincide com o período chuvoso, tem-se revelado um componente importante no manejo dessa doença (OLIVEIRA et al., 2004). De acordo com Fernandes e Oliveira (1997), os plantios tardios, realizados a partir de novembro, sob altas precipitações pluviométricas,

propiciam as condições adequadas para o desenvolvimento de epidemias da doença. Segundo Sawazaki et al. (1997), a uniformidade de precipitação é o fator preponderante para epidemias da MBM. No entanto, é importante ressaltar que no presente estudo os experimentos foram irrigados por aspersão convencional de acordo com a evaporação do tanque classe A, o que pode ter mascarado a possível desuniformidade de precipitação, já que houve uma diminuição na média de chuvas no período correspondente a época de plantio 2 (Figuras 2 e 3), sendo o aumento da severidade provavelmente decorrente da diminuição da temperatura média. Em trabalho realizado por Pegoraro et al. (2001), demonstrou-se que, a medida em que a semeadura do milho era retardada, houve aumento na severidade da doença. Plantios realizados em setembro (primeira época de semeadura) resultaram em menores índices de MBM .

O aumento da severidade da MBM coincidiu com a diminuição da temperatura mínima média registrada no período das avaliações (Figuras 2 e 3). Este fato foi relatado em estudos publicados anteriormente. Fernandes e Oliveira (1997) observaram que temperatura noturna em torno de 14 °C é uma das condições favoráveis para o desenvolvimento de epidemias. Outro aspecto climático a ser considerado é a umidade relativa, que apresentou média de 75% durante todo o ciclo dos experimentos (Figura 2). Pereira et al. (2005) e Fernandes e Oliveira (1997) descreveram que a doença pode ser favorecida por umidade relativa acima de 60%, preferencialmente com água livre na superfície da folha.

Foram observadas diferenças entre os genótipos avaliados quanto ao nível de resistência a MBM. Linhagens com bons

níveis de resistência têm sido registradas em trabalhos realizados com germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo (PACCOLA-MEIRELLES et al., 2002). Os híbridos BRS1030, BRS1010 e BRS1031 foram os que obtiveram os menores valores de severidade de MBM tanto no plantio da época 1 quanto no da época 2, podendo ser indicados como cultivares resistentes à doença. De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, as linhagens L1 e L2, seguidas da linhagem L5, podem ser indicadas para utilização em programas de melhoramento visando resistência a MBM em função dos altos níveis de resistência demonstrados. Nos híbridos resistentes, a linhagem L1 foi usada como “fêmea” no processo de formação desses materiais, e provavelmente é a doadora de genes de resistência a MBM, para estes híbridos.

Houve maior desenvolvimento da doença a partir de 102 dias após o plantio, o que coincidiu aproximadamente com a fase inicial de enchimento de grãos para a maioria dos genótipos testados. Oliveira et al. (2004) relataram que os sintomas da MBM podem ser mais severos após o pendoamento.

Mesmo sendo o modelo monomolecular o que melhor se ajustou aos dados, observou-se que tal ajuste não foi adequado, provavelmente pelo baixo coeficiente de determinação (R^2) apresentado (Tabela 4). A taxa de progresso não foi uma boa variável para se avaliar a reação dos genótipos, não distinguindo, por exemplo, o híbrido mais resistente, BRS1030, do híbrido mais suscetível, BRS1040. Dentre as variáveis avaliadas, a AACPD e o $Y_{\text{máx}}$ foram as que se destacaram no processo de avaliação da doença, permitindo distinguir melhor os genótipos quanto à resistência a MBM. Não foi observada diferença significativa na severidade inicial da doença (y_0) para cada um dos genótipos, nas comparações entre os dois experimentos (dados não mostrados).

Tabela 4. Taxa de progresso (r), quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de determinação (R^2) de diferentes modelos ajustados por regressão não linear referentes ao progresso da mancha-branca-do-milho.

Época	Genótipo	Monomolecular			Logistic			Gompertz		
		r	QMR	R^2	r	RMS	R^2	r	QMR	R^2
1	BRS2022	0,077*	6,82	0,94	0,006*	10,26	0,83	0,029*	7,48	0,92
	BRS1010	0,114*	2,08	0,95	0,019*	3,25	0,93	0,051*	2,41	0,93
	1D2195	0,070*	14,58	0,92	0,005*	19,68	0,82	0,024*	15,45	0,90
	BRS1040	0,067*	46,51	0,94	0,002*	87,27	0,80	0,019*	55,68	0,90
	BRS1035	0,113*	2,19	0,92	0,021*	2,64	0,92	0,054*	2,28	0,92
	BRS1031	0,080*	18,53	0,79	0,009*	22,36	0,76	0,033*	19,78	0,76
	BRS3025	0,060*	11,14	0,95	0,003*	20,94	0,88	0,020*	13,45	0,92
	BRS1030	0,136*	3,08	0,90	0,055 ^{ns}	4,35	0,84	0,082*	3,90	0,84
	2B710	0,094*	23,49	0,94	0,005*	43,90	0,86	0,030*	28,93	0,91
	P30F35	0,071*	17,53	0,97	0,002*	50,22	0,80	0,021*	24,83	0,94
	L1	0,098*	4,78	0,83	0,021*	5,57	0,81	0,049*	5,04	0,81
	L2	0,081*	5,54	0,97	0,006*	14,15	0,93	0,029*	8,04	0,93
	L3	0,087*	15,15	0,90	0,008*	24,03	0,86	0,033*	18,00	0,88
	L4	0,058*	27,54	0,94	0,002*	54,59	0,89	0,018*	34,77	0,91
	L5	0,072*	10,66	0,92	0,006*	18,01	0,87	0,027*	12,95	0,90
2	BRS2022	0,058*	31,29	0,85	0,004*	39,99	0,82	0,020*	33,57	0,82
	BRS1010	0,105*	5,24	0,94	0,012*	8,22	0,90	0,042*	6,05	0,91
	1D2195	0,054*	8,40	0,95	0,003*	17,36	0,89	0,018*	10,69	0,92
	BRS1040	0,062*	34,98	0,95	0,002*	70,84	0,80	0,018*	42,69	0,92
	BRS1035	0,130*	7,37	0,88	0,021*	9,64	0,81	0,056*	8,17	0,85
	BRS1031	0,077*	8,37	0,95	0,005*	15,08	0,92	0,027*	9,95	0,92
	BRS3025	0,064*	7,29	0,91	0,006*	10,24	0,89	0,025*	8,00	0,90
	BRS1030	0,143*	3,61	0,92	0,041 ^{ns}	8,02	0,90	0,069*	4,09	0,90
	2B710	0,086*	7,25	0,96	0,007*	16,56	0,89	0,031*	10,02	0,92
	P30F35	0,067*	12,75	0,94	0,004*	24,66	0,89	0,023*	15,90	0,91
	L1	0,060*	13,12	0,94	0,003*	23,02	0,89	0,020*	15,49	0,91
	L2	0,132*	2,11	0,93	0,031*	3,07	0,90	0,067*	2,47	0,90
	L3	0,074*	50,79	0,95	0,002*	109,80	0,80	0,021*	65,18	0,90
	L4	0,048*	87,25	0,90	0,001*	124,20	0,77	0,013*	95,37	0,87
	L5	0,083*	13,28	0,94	0,005*	25,82	0,90	0,028*	16,73	0,90

*Significativos pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

^{ns} Não significativos pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Neste estudo foi possível identificar duas linhagens (L1 e L2) como novas fontes de resistência para a MBM, que poderão ser utilizadas em programas de melhoramento do milho para resistência a essa importante doença.

Agradecimentos

Os autores são gratos à Universidade Federal de Viçosa, à Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) pela concessão da Bolsa de Estudos de Fabrício E. Lanza. Esse trabalho foi financiado parcialmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa.

Referências

BRASIL, E. M.; CARVALHO, Y. Comportamento de híbridos de milho em relação à *Phaeosphaeria maydis* em diferentes épocas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1977-1981, 1998.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Doenças. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1).

FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 80 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 26).

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; AFFERRI, F. S.; PELUZIO, J. M. Reação de cultivares de milho a *Phaeosphaeria maydis* sob estresse de fósforo, no estado do Tocantins. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 4, p. 177-186, 2007.

GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Alterações na fotossíntese e na transpiração de folhas de milho infectadas por *Phaeosphaeria maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 209-215, 2001.

GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Análise temporal e climática do progresso da mancha de *Phaeosphaeria* do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 288, 1999. Suplemento.

OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F.T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. A.; FERREIRA, A. S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 226-267.

PACCOLA-MEIRELLES L. D.; MEIRELLES, W. F.; PARENTONI, S. N.; MARRIEL, I. E.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R. Reaction of maize inbred lines to a bacterium, *Pantoea ananas*, isolated from *Phaeosphaeria* leaf spot lesions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 2, p. 587-90, 2002.

PEGORARO, D. G.; VACARO, E.; NUSS, C. N.; SOGLIO, F. K.; SERENO, M. J. C. M.; NETO, J. F. B. Efeito de época de semeadura e adubação na mancha-foliar de *Phaeosphaeria* em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1037-42, 2001.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual da fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 477-488.

PINTO, N. F. J. A. Eficiência de doses e intervalos de aplicações de fungicidas no controle da mancha foliar do milho provocada por *Phaeosphaeria maydis* Rane, Payak & Renfro. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 1006-1009, 1999.

SAWAZAKI, E.; DUDIENAS, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GALVÃO, J. C. C.; CASTRO, J. L.; PEREIRA, J. Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* no estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 585-589, 1997.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

