

**CONTROLE GENÉTICO E QUÍMICO DE
DOENÇAS FOLIARES E GRÃOS ARDIDOS
EM MILHO**

ANDRÉ HUMBERTO DE BRITO

2010

ANDRÉ HUMBERTO DE BRITO

**CONTROLE GENÉTICO E QUÍMICO DE DOENÇAS FOLIARES E
GRÃOS ARDIDOS EM MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Brito, André Humberto de.

Controle genético e químico de doenças foliares e grãos ardidos
em milho / André Humberto de Brito. – Lavras : UFLA, 2010.
88 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.
Orientador: Renzo Garcia Von Pinho.
Bibliografia.

1. *Zea mays*. 2. *Cercospora zeaе maydis*. 3. Resistência à
doenças. 4. Fungicidas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.153

ANDRÉ HUMBERTO DE BRITO

**CONTROLE GENÉTICO E QUÍMICO DE DOENÇAS FOLIARES E
GRÃOS ARDIDOS EM MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 30 de abril de 2010

Prof. Dr. Fernando César Juliatti	UFU
Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes	UFLA
Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza	UFLA
Pesq. Dra. Livia Maria Chamma Davide	UFLA

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais, Antônio e Deusdete.

Aos meus irmãos, Cristiano e Juninho.

Ao Eric, Ivanir e Gustavo.

Aos meus avós, Antônio e Maria (*in memoriam*).

A minha esposa, Erika.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em todos os momentos.

Aos meus pais e irmãos, em especial a minha esposa Erika e sua família, por todo amor, dedicação e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Agricultura, pelo apoio durante o período de realização dos trabalhos e pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo suporte financeiro concedido para a realização do curso.

Ao professor Renzo Garcia Von Pinho, pela amizade, disponibilidade, confiança, conhecimentos transmitidos e pela orientação profissional durante a minha formação como pesquisador.

Aos doutores Fernando César Juliatti, José Airton Nunes Rodrigues, Edson Ampélio Pozza e Livia Maria Chamma Davide, pela disponibilidade em participar da banca de defesa e pelas contribuições apresentadas.

À equipe de melhoramento da empresa Dow AgroSciences, pelo fundamental apoio na elaboração deste trabalho.

Aos colegas Mateus e Daniel, pela ajuda na condução deste trabalho.

Aos colegas e amigos do curso de Fitotecnia, pela amizade e convivência durante este período.

Aos amigos do Grupo do Milho, Tiago, José Luiz, Marcelo, Carlos Juliano, Iran, Fabrício, Edmir, Tomás, Rafael, Ivan, Alano, Rodolfo, Álvaro e Márcio, pelo apoio, amizade, ajuda e dedicação de sempre.

Aos funcionários dos Departamentos de Agricultura, pela amizade, ajuda e apoio constante.

A todos que, direta ou indiretamente, deram sua parcela de contribuição para que este trabalho se realizasse.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução Geral.....	01
2 Referencial Teórico.....	05
2.1 Cercosporiose (<i>Cercospora zeaе maydis</i>).....	05
2.1.1 Controle genético da Cercosporiose (<i>Cercospora zeaе maydis</i>).....	09
2.2 Mancha-Branca.....	12
2.3 Podridão de grãos – “Complexo grãos ardidos”.....	15
3 Referências Bibliográficas.....	18
CAPÍTULO 2: Controle genético da resistência à cercosporiose do milho em germoplasma tropical.....	25
1 Resumo.....	25
2 Abstract.....	26
3 Introdução.....	27
4 Material e Métodos.....	29
4.1 Linhagens e gerações híbridas utilizadas.....	29
4.2 Detalhes experimentais.....	29
4.3 Avaliação da doença.....	30
4.4 Análise dos dados e estimativa de parâmetros genéticos.....	31
5 Resultados e Discussão.....	34
6 Conclusões.....	40
7 Referências Bibliográficas.....	41
CAPÍTULO 3: Controle químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho.....	44

1	Resumo.....	44
2	Abstract.....	45
3	Introdução.....	46
4	Material e Métodos.....	48
4.1	Caracterização das áreas experimentais.....	48
4.2	Tratamentos avaliados e delineamento experimental.....	49
4.3	Avaliação das doenças.....	52
4.4	Características agronômicas avaliadas.....	53
4.4.1	Produtividade de grãos.....	53
4.4.2	Determinação de grãos ardidos.....	53
4.5	Análise dos dados.....	53
5	Resultados e Discussão.....	54
6	Conclusões.....	62
7	Referências Bibliográficas.....	63
CAPÍTULO 4: Reação de híbridos de milho e comparação de metodologias para avaliação da cercosporiose e mancha-branca.....		66
1	Resumo.....	66
2	Abstract.....	67
3	Introdução.....	68
4	Material e Métodos.....	70
4.1	Caracterização das áreas experimentais.....	70
4.2	Tratamentos avaliados e delineamento experimental.....	72
4.3	Avaliação das doenças.....	73
4.4	Análise dos dados.....	74
5	Resultados e Discussão.....	75
6	Conclusões.....	85
7	Referências Bibliográficas.....	86

RESUMO GERAL

BRITO, André Humberto de. **Controle genético e químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho**. 2010. 88 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*

Esse trabalho foi realizado durante a safra agrícola de 2007/2008 e 2008/2009, em três ambientes do estado de Minas Gerais, visando obter informações referentes aos patossistemas milho/Cercosporiose, milho/Mancha-Branca e milho/Complexo grãos ardidos. Para isso, foram conduzidos três trabalhos distintos. O primeiro objetivou estudar a natureza e a magnitude dos efeitos gênicos da resistência a Cercosporiose (*Cercospora zeaе maydis*), a partir da avaliação das linhagens parentais e gerações F₁, F₂, RC₁₁ e RC₂₁ de dois cruzamentos, avaliados em duas épocas de semeadura, novembro e dezembro de 2008, em Lavras, MG. Constatou-se que o controle genético da resistência a Cercosporiose é um caráter poligênica, com predominância dos efeitos aditivos no controle; apresenta dominância em poucos locos de pequeno efeito e alta herdabilidade, condição essa favorável a seleção. O segundo trabalho foi conduzido visando avaliar os efeitos da aplicação de fungicida em doenças foliares (Cercosporiose e Mancha-Branca) do milho na produtividade de grãos e na incidência de grãos ardidos e também estabelecer a relação existente entre a produtividade de grãos e a severidade de doenças foliares. Observou-se que a aplicação de fungicida é eficiente no controle de doenças foliares e proporciona a obtenção de maiores produtividades de grãos, em média 12% superior do que quando não se utilizou fungicida. O uso de fungicida em aplicação foliar possibilita a redução da incidência de grãos ardidos. As doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca reduzem a produtividade de grãos de milho e essa redução é maior quando as doenças ocorrem mais precocemente, e a Cercosporiose provoca maior redução na produtividade de grãos quando comparada com a Mancha-Branca. Finalmente, na terceira parte do trabalho, foram conduzidos experimentos visando avaliar o nível de resistência de híbridos comerciais de milho às doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca e comparar a eficiência das estimativas da área abaixo da curva de progresso das doenças e da estabilidade fenotípica, na avaliação da resistência a esses patógenos. Observou-se que, no caso das doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca, ambas as metodologias utilizadas mostraram-se eficientes na discriminação do nível de resistência dos híbridos, permitindo a classificação de modo semelhante. Os híbridos mais resistentes às doenças foliares

* Orientador: Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho – UFLA

(Cercosporiose e Mancha-Branca) são o AG7088, AG 7010 e 2B707 e os mais suscetíveis, o P30F44, P30F53 e AG8021. Os híbridos 30K64, DKB177, DKB390 e Impacto variam seu comportamento em função dos locais, isto é, a relação patógeno-hospedeiro é distinta entre locais.

GENERAL ABSTRACT

BRITO, André Humberto de **Chemical and genetic control of the leaf diseases and rotten grains in corn.** 2010. 88 p. Thesis (Doctor in Crop Science) – Lavras Federal University, Lavras, MG.*

Three different pieces of work were carried out in the agricultural years of 2007/2008 and 2008/2009 in three environments in the regions of Minas Gerais state aiming at obtaining information concerning the patossystem corn/gray leaf spot, corn/maize white spot and corn/rotten grains. The first was carried out with the purpose of determining the genetic control of resistance to the gray leaf spot in maize through the assessment of the parental lines and the F₁, F₂, RC₁₁ e RC₂₁ generations of two crosses in two sowing dates, October and November, 2008 at Lavras Federal University - UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brazil. It was found that the genetic control of resistance to gray leaf spot is polygenic with the predominance of the additive effects, showing dominance in few minor effect loci and high heritability values. The second work was aimed at evaluating the effects of fungicide application on the grain yield and the incidence of rotten grains in maize while at the same time establishing the existing relationship between the damages and the severity of the disease. It was found that fungicide application is effective in the control of maize leaf diseases, and the experiments without control of the diseases had grain yield lower than that of the experiments with control, there being a reduction of 1.2 t.ha⁻¹ (12.3%) on average. The fungicide use presents an effect in the control of rotten grains, there being a reduction of 2.6% on average. Maize gray leaf spot and maize white spot reduces the maize grain yield, the largest part of the damage being ascribed to gray leaf spot. Finally, in the last part of this work, experiments were carried out with the purpose of evaluating the resistance level of commercial corn hybrids and comparing the efficiency of the estimates of the area under the disease progress curve (AUDPC) and that of the phenotypical stability parameters in the evaluation of resistance of these pathogens. It was found that in the case of maize white spot and maize gray leaf spot, both methodologies used proved to be effective in the discrimination of the resistance level of the hybrids, enabling ranking them in a similar way. The most resistant hybrids to maize white spot and maize gray leaf spot were AG7088, AG 7010 and 2B707 and the most susceptible were P30F44, 30F53 and AG8021. The 30K64, DKB177, DKB390 and Impacto hybrids vary their resistance, i.e., the pathogen-host relationship is also different between environments.

* Major Professor: Renzo Garcia Von Pinho – UFLA

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A exposição da cultura do milho aos mais variados estresses bióticos e abióticos dificulta a exploração do máximo potencial genético para a produtividade de grãos, qualquer que seja o sistema de produção adotado.

Por ser uma cultura na qual o cultivo tem ampla abrangência geográfica, ocupando as mais diversas condições edafoclimáticas, é comum a ocorrência de elevado número de doenças. Assim, dezenas de doenças já foram identificadas na cultura de milho no Brasil. Apesar do elevado número, a maioria dessas doenças é considerada de importância secundária, não ocasionando dano econômico à cultura.

No entanto, é importante ressaltar que doença é uma interação dinâmica entre dois organismos vivos (patógeno e hospedeiro) e o ambiente. Com isso, bastam as condições serem favoráveis à interação ou que ocorra variabilidade no patógeno, para que uma doença considerada secundária passe a ter importância relevante para a cultura. Diferentes patossistemas têm sido estudados no Brasil, visando conhecer o progresso de epidemias (Alves, 2004), aspectos moleculares da interação patógeno-hospedeiro (Brunelli, 2004; Juliatti et al., 2009; Pozar et al., 2009), controle genético (Pinho et al., 1999b; Lopes et al., 2007), danos e perdas (Pinho et al., 1999a; Brandão et al., 2002; Souza, 2005; Brito et al., 2007) e a eficácia de fungicidas (Brandão et al., 2002; Souza, 2005; Juliatti et al., 2004; Brito et al., 2007).

Praticamente todos os programas de melhoramento genético do milho objetivam o aumento da produtividade e a estabilidade da produção de grãos nos vários ambientes de cultivo. O progresso genético histórico obtido pelo melhoramento do milho em vários países foi em função, principalmente, do aumento do nível de resistência ou tolerância tanto aos estresses bióticos como

abióticos relacionados com as mudanças nos sistemas de produção (Pozar et al., 2009).

No Brasil, embora nenhum estudo tenha sido realizado nesse sentido, a maior causa da descontinuidade de híbridos comerciais no mercado deve-se à epidemia de novas doenças ou de novas raças de patógenos pré-existentes, antes consideradas sem importância econômica, ocasionadas, principalmente, pelo cultivo de híbridos suscetíveis com aplicação de fungicidas, plantios contínuos, melhoramento sem seleção para doenças e mudanças nos sistemas de produção como plantio direto e plantios de safrinha. Tal foi o caso das doenças associadas a *Helmintosporium maydis* raça T, no início da década de 70, do complexo de enfezamento do milho (“corn stunt”), complexo das ferrugens (*Puccinia polysora*, *P. sorghi* e *Physopella zae*) e Mancha-Branca (*Phaeosphaeria maydis/Pantoea ananas*), na década de 1990.

A partir do ano 2000, a Cercosporiose do milho, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora zae maydis*, de ocorrência endêmica na forma de pequenas e esparsas lesões foliares, começou a assumir proporções epidêmicas em várias regiões do país (Juliatti et al., 2004). Essa doença foi responsável pela descontinuidade do plantio de vários híbridos comerciais suscetíveis de alto potencial produtivo, que chegaram a atingir níveis de redução de produtividade de grãos de até 40%. Hoje, a incorporação de resistência genética a *Cercospora zae maydis* está entre os principais objetivos dos programas de desenvolvimento de híbridos para as regiões onde essa doença é prevalente.

Estudos relacionados ao conhecimento da natureza e da magnitude dos efeitos gênicos que controlam a resistência às doenças são importantes para direcionar os trabalhos de introdução de genes em germoplasmas suscetíveis e maximizar a exploração da variabilidade genética. Contudo, há poucos trabalhos sobre a herança da resistência à *Cercospora zae maydis* em milho.

Na obtenção de híbridos resistentes às diversas doenças já citadas, existem alguns problemas que deverão ser superados. Entre estes, está a identificação de uma metodologia de avaliação que seja comparável e eficiente, porém, de fácil aplicação, haja visto que alguns milhares de genótipos deverão ser avaliados.

O aumento de doenças foliares associado a condições climáticas favoráveis e à suscetibilidade dos híbridos tem propiciado também o aumento na incidência de podridões de grãos e espigas, que provocam o aparecimento de “grãos ardidos”. Nas duas últimas safras agrícolas, a incidência dessas doenças foi significativa, provocando redução na produção e perda na qualidade do produto (Mendes, 2009). Os fungos mais frequentemente detectados e associados ao “complexo grão ardido” são *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum*, *Gibberella zeae*, *Diplodia maydis* e *Diplodia macrospora*.

As perdas, associadas principalmente às doenças foliares e à incidência de podridões de grãos, têm causado ampla discussão sobre estratégias de manejo que visem o desenvolvimento de um programa, que permita controlar as doenças de forma sustentável. Atualmente, sabe-se que o uso de híbridos resistentes aos diferentes patógenos constitui o método mais eficiente, racional e econômico para evitar ou diminuir os danos. Entretanto, tem-se constatado um aumento do uso de fungicidas no controle de doenças fúngicas foliares na cultura do milho, pois severas epidemias têm ocorrido, como a Cercosporiose, Mancha-Branca, além do aumento nas podridões de colmo e de grãos.

Estudos relacionados ao controle químico e genético de doenças foliares na cultura do milho são de grande valia no entendimento da resistência de híbridos às principais doenças, bem como a eficácia da utilização de fungicidas no controle de doenças fúngicas foliares e podridões de grãos. Dessa forma, devido à importância de estratégias de controle de doenças para o cultivo de milho no Brasil e devido à escassez de informações que visam elucidar os

mecanismos de resistência genética à Cercosporiose, foram realizadas pesquisas com os seguintes objetivos:

a) estudar a natureza e a magnitude dos efeitos gênicos da resistência à Cercosporiose, a partir da avaliação de linhagens contrastantes para a resistência a essa doença e gerações híbridas;

b) avaliar os efeitos da aplicação de fungicida nas doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca do milho, na produtividade de grãos e na incidência de grãos ardidos e também estabelecer a relação existente entre a produtividade de grãos e a severidade dessas doenças;

c) avaliar o nível de resistência genética de híbridos e comparar a eficiência das estimativas da área abaixo da curva de progresso das doenças e da estabilidade fenotípica, na avaliação de híbridos às doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cercosporiose (*Cercospora zae maydis*)

A Cercosporiose foi, inicialmente, descrita na cultura do milho (*Zea mays* L.), em Illinois, Estados Unidos, em 1925 (Tehon & Daniels, 1925, citados por Coates & White, 1994). No Brasil, foi relatada, pela primeira vez, em 1953 (Chupp, 1953) e, durante um longo período, foi considerada uma doença secundária, por sua ocorrência esporádica e baixa severidade. Esse quadro foi revertido no início do ano de 2000, quando foram relatadas epidemias em alguns campos de produção nos municípios de Rio Verde e Jataí (GO). Nas safras seguintes, a epidemia progrediu para toda a região centro-sul brasileira (Juliatti & Brandão, 2000).

A redução de produtividade se dá pela alta severidade da doença nas folhas, diminuindo a área fotossintetizante. Os danos também ocorrem pela conseqüente redução nos níveis de resistência, principalmente a horizontal, por sua vez, favorecendo podridões de colmo e espigas levando ao tombamento das plantas. Estes danos, no entanto, não se restringem somente à redução devido à infecção, nas safras de 2000 e 2001, vários híbridos altamente produtivos tiveram que ser substituídos por outros de menor potencial produtivo, mas com boa resistência (Juliatti & Brandão, 2000).

Os primeiros sintomas da Cercosporiose são observados, geralmente, na fase de floração, principalmente nas folhas baixas (Ward et al., 1999), quando o patógeno coloniza o limbo foliar, provocando extensas áreas necróticas. O sintoma típico da doença caracteriza-se pelo aspecto linear retangular das lesões que, geralmente, são delimitadas pelas nervuras (Latterel & Rossi, 1983). Estas manchas possuem coloração palha e, ou verde-oliva e, sob condições de alta umidade relativa, tornam-se cobertas por esporos, conferindo-lhes uma

coloração acinzentada. Por esta característica, a mancha é conhecida, na língua inglesa, como “*gray leaf spot*”.

A etiologia da doença é associada a duas espécies fúngicas: *Cercospora zea-maydis* Tehon & Daniels e *Cercospora sorghi* Ellis & Everh f. sp. *maydis* (Chupp, 1953). Ambas foram relatadas em praticamente todas as regiões brasileiras onde o milho é cultivado (Fantin et al., 2001). No campo, *Cercospora sorghi* f. sp. *maydis* é um patógeno pouco eficiente na colonização de tecidos foliares, uma vez que a lesão produzida por esta espécie é pequena, sempre circundada por halos cloróticos e com presença de pequena quantidade de esporos. A outra espécie, *Cercospora zea maydis*, coloniza, de forma mais eficiente, o hospedeiro, produzindo lesões retangulares, geralmente sem halo clorótico e com grande quantidade de conídios, sendo atribuídos a esta espécie os recentes surtos epidêmicos da doença (Latterell & Rossi, 1983; Ward et al., 1999).

Wang et al. (1998), estudando isolados coletados em várias regiões de produção de milho nos EUA, indicaram que a população americana de *Cercospora zea maydis* é composta por dois grupos genéticos do patógeno. No entanto, isolados com padrão genético do grupo I foram encontrados em todas as regiões amostradas, enquanto aqueles do grupo II foram encontrados apenas ao leste do país. Estudos realizados por Dunkle & Levy (2000), com isolados africanos demonstraram que a população de *Cercospora zea maydis* é composta, unicamente, por isolados do grupo II. Em ambos os estudos, houve alta similaridade genética entre os isolados de cada agrupamento (sempre maior que 90%), o que pode ser decorrência da baixa capacidade de recombinação e, ou mutação desses isolados. Brunelli (2004), estudando isolados de *Cercospora zea maydis* coletados em campos de produção de milho da região centro-sul brasileira, observou a existência, de forma generalizada, dos grupos I e II de *Cercospora zea maydis*.

As temperaturas ótimas para o progresso da Cercosporiose ocorrem entre 25°C e 30°C e longos períodos de umidade relativa do ar próxima a 100%, com ausência de água livre sobre a folha, são importantes para o início da infecção e podem servir como fonte de inóculo para infecções secundárias (Paul & Munkvold, 2005). Mesmo sob condições favoráveis, o período latente de *C. zeaе maydis* é longo em comparação ao de outros patógenos foliares e pode variar de 14 a 28 dias (Ward et al., 1999).

Há um consenso de que esta espécie de *Cercospora* é um patógeno que infecta somente o milho (Ward et al., 1999). *Cercospora zeaе maydis* é considerado um fraco competidor em relação a outros patógenos necrotróficos, sendo sua sobrevivência garantida pela colonização do hospedeiro vivo ou dos restos de cultura presentes na superfície do solo (Latterell & Rossi, 1983). No Brasil, as práticas de semeadura direta e do plantio de milho safrinha, associadas ao uso de irrigação (pivô central), plantios sucessivos e uso de híbridos suscetíveis, garantem o incremento e a manutenção do inóculo, o que pode ter contribuído para o aumento da doença nestes últimos anos (Fantin et al., 2001).

A disseminação ocorre por meio dos esporos produzidos pelo fungo na planta hospedeira ou no tecido estomático, em restos culturais, os quais são levados pelo vento e ou respingos de chuva para dentro da mesma cultura ou para regiões afastadas do ponto inicial da epidemia (Latterell & Rossi, 1983; Ringer & Grybauskas, 1995; Ward et al., 1999). Restos culturais infestados compreendem a mais importante fonte de inóculo dentro de um campo (Latterell & Rossi, 1983).

Os danos causados pela Cercosporiose podem ser significativos, ocasionando perdas na produção de 25% a 65%, de acordo com as observações realizadas nos EUA e na África do Sul (Ward & Nowell, 1998; Ward et al., 1999).

Segundo Lipps (1998), podem ser encontrados danos de até 50%, dependendo do estágio fenológico do milho em que a doença aparece. Se a doença não ocorre até o período de enchimento dos grãos, os danos são menores. Se a infecção da planta e o aparecimento dos sintomas iniciais se evidenciarem entre a 4ª e 8ª folha, a redução do potencial produtivo da cultura poderá oscilar entre 40% e 70%. Porém, se a incidência exceder 40%-50% da área foliar das folhas posicionadas acima da espiga, no período compreendido entre o pendoamento e o florescimento, os danos podem oscilar entre 65% e 90% (Ward et al., 1999).

Nutter Junior & Jenco (1992), avaliando o efeito da severidade da doença, ocorrendo no terço médio da planta de milho (folhas 6 a 12), no estágio de grãos pastosos/farináceos, constataram que a cada 1% de acréscimo na severidade, a produção de grãos foi reduzida em 47,6 kg ha⁻¹.

Brandão (2002) analisou a eficácia de diferentes fungicidas e épocas de aplicação na região sudoeste de Goiás, em área sob plantio direto. Este autor quantificou os danos da Cercosporiose utilizando o fungicida azoxystrobina e encontrou valores que variaram de 40% a 51%, para os híbridos suscetíveis, de 19% a 27%, para os híbridos intermediários e de 15% a 25% para os híbridos resistentes.

Souza (2005) quantificou os danos por meio do uso do fungicida epoxiconazole + piraclostrobina, em condições de safrinha sob plantio direto, e observou valores que variaram de 32% a 44% para híbridos suscetíveis, de 18% a 24% para híbridos intermediários e de 13% a 16% para híbridos resistentes.

Em pesquisa visando quantificar os danos causados pela Cercosporiose na região sul de Minas Gerais constatou-se que os valores variaram de 16% a 27%, para híbridos suscetíveis à doença (Brito et al., 2007). O mesmo autor concluiu que o nível de dano causado pela Cercosporiose no milho varia entre as

épocas de semeadura e entre os híbridos avaliados com diferentes níveis de resistência, sendo, em média, de 13,3%.

Com relação ao controle químico da doença, Juliatti et al. (2004) verificaram a eficiência do fungicida azoxystrobina no controle da Cercosporiose e a resposta na produção do milho, com a crescente redução na sua severidade. Costa (2007) também observou melhor controle desta doença com uma aplicação de azoxystrobina + cyproconazole + óleo mineral parafínico 0,5%, no estágio V8 da cultura.

De acordo com Bonaldo et al. (2008), a pulverização de azoxystrobina + cyproconazole, em duas aplicações (V10 e florescimento), propiciou redução de 98% na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) no controle da Cercosporiose. Resultados semelhantes foram obtidos por Brandão et al. (2003) que observaram que as aplicações de fungicidas, a partir dos 45 dias, seguidas de uma ou até duas aplicações no controle de *C. zea-maydis*, têm efeito benéfico, inclusive em relação a outras doenças.

Brito et al. (2007) relataram que a aplicação dos fungicidas epoxiconazole + pyraclostrobina, em duas aplicações, em intervalos de 15 dias, sendo a primeira aos 40 dias após a emergência das plantas, foi eficiente no controle da Cercosporiose.

2.1.1 Controle genético da Cercosporiose (*Cercospora zea maydis*)

No Brasil, tem sido consenso, entre os melhoristas de milho, que uma das maiores causas da descontinuidade de híbridos comerciais no mercado são as epidemias de doenças como a Cercosporiose, com o surgimento de novas raças fisiológicas, ocasionadas principalmente pelo cultivo de híbridos suscetíveis e por mudanças nos sistemas de produção.

A condução de qualquer programa de melhoramento é facilitada se houver informações sobre o controle genético do caráter. Isso porque este

possibilita aos melhoristas a escolha da estratégia mais adequada de condução do seu trabalho. Contudo, é importante ressaltar que os relatos sobre o controle genético da Cercosporiose do milho encontrados na literatura utilizaram germoplasma adaptado a condições edafoclimáticas distintas das encontradas no Brasil. Embora esses estudos tenham gerado valiosas informações, geralmente elas são aplicáveis apenas para a fonte de germoplasma específico e para a faixa de ambientes testados (Falconer & Mackay, 1996). Além disso, não foram encontrados trabalhos a respeito do estudo da herança da resistência à Cercosporiose em milho no Brasil.

As estratégias para o estudo do controle genético variam de acordo com a natureza do caráter, isto é, se são qualitativos ou quantitativos. Os detalhes das metodologias utilizadas são encontrados em vários livros textos (Mather & Jinks, 1984; Ramalho et al., 1993; Cruz et al., 2004).

Uma das estratégias mais utilizadas é o emprego da metodologia proposta por Mather & Jinks (1984). Nesse caso, são utilizadas as linhagens parentais, contrastantes fenotipicamente para o caráter em questão, as gerações F_1 , F_2 e os retrocruzamentos. A partir das avaliações efetuadas nas parcelas, podem ser estimados tanto os componentes de média como de variância. A partir desses componentes, podem-se estimar, entre outros parâmetros, o número de genes envolvidos, a herdabilidade e o progresso esperado com a seleção.

É esperado que as estimativas dos componentes de média e/ou variância possam variar entre os cruzamentos. Desse modo, é importante realizar esse trabalho envolvendo algumas linhagens parentais e diferentes condições ambientais, para que os resultados possam ser generalizados.

Grande parte das pesquisas relacionadas com a determinação do tipo de ação gênica envolvida na resistência à Cercosporiose indicam a predominância da ação gênica aditiva (Menkir & Ayodele, 2005; Derera et al., 2008). Os mesmos autores também relataram efeitos dominantes significativos.

Vários locos controladores de características quantitativas (QTLs) com ação aditiva dos genes são associados com a resistência, o que demonstra ser esta resistência do tipo horizontal ou poligênica (Bubeck et al., 1993). Esses QTLs podem ser determinados pelo uso de marcadores moleculares do tipo RFLPs (Maroof et al., 1996), do tipo microssatélites (Juliatti et al., 2009) e SNP (Pozar et al., 2009).

As pesquisas realizadas com mapeamento de QTLs para resistência corroboram, em grande parte, com esses resultados. Efeito gênico aditivo foi relacionado com QTLs consistentes mapeados por Bubeck et al (1993), Clements et al (2000) e Lehmensiek et al (2001), para os QTLs mapeados nos cromossomo 1 e 2 por Maroof et al. (1996) e no cromossomo 4, por Gordon et al. (2004). Enquanto a ação gênica dominante foi observada por Maroof et al. (1996) para o QTL mapeado no cromossomo 4, que se originou do parental suscetível B73. Esse QTL é o mesmo mapeado por Gordon et al. (2004), ocupando exatamente a mesma posição no cromossomo, bin 4.08, com ação gênica dominante. Porém, nesse caso, se originou do parental dominante VO613Y.

Em pesquisa realizada por Pozar et al. (2009), no Brasil, foram mapeados e caracterizados QTLs relacionados com a resistência a Cercosporiose, por meio de marcadores SSR e SNP. Foi realizada, ainda, a validação das estimativas dos seus efeitos na severidade de Cercosporiose com a utilização de linhagens quase isogênicas (LQIs). Foram mapeados quatro QTLs com $LOD > 2.5$, dos quais três foram avaliados em LQIs. Foram avaliados dois QTLs mapeados no cromossomo 1, Q1 localizado no bin 1.05 e Q2 no bin 1.07, e um no cromossomo 3, Q3 localizado no bin 3.07. O Q4 foi localizado no cromossoma 7, bin 7.03 Na avaliação das LQIs, foram observados efeitos individuais altamente significativos para os QTL, Q1, Q2 e Q3 na redução da severidade de Cercosporiose. Segundo os mesmos autores, a combinação de

QTL tem impacto na efetividade de procedimentos de seleção monitorados por marcadores em programas de melhoramento para o desenvolvimento de cultivares comerciais.

Apesar de o mapeamento de locos de caracteres quantitativos (QTL) possibilitar o desenvolvimento mais rápido de híbridos resistentes à Cercosporiose via seleção assistida por marcadores moleculares, existe grande possibilidade de aparecimento de novas raças do patógeno, resultando na interação de QTL x ambientes, reforçando a importância da seleção feita a campo.

2.2 Mancha-Branca

A Mancha-Branca tem como agente etiológico, o fungo *Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.) Rane, Payak e Renfro (sinônimo *Sphaerulina maydis*), cujo estágio anamórfico é *Phyllosticta* sp. (Reis et al., 2004; Fernandes & Oliveira, 1997). Os sintomas apresentam-se na forma de lesões foliares em número variável, circulares a elípticas. Caracterizam-se, no início, por lesões aquosas verde-claras que vão evoluindo para acinzentadas a necróticas (Fernandes & Oliveira, 1997). Geralmente, os sintomas aparecem, primeiro, nas folhas inferiores, progredindo rapidamente para o ápice da planta (Pegoraro et al., 2001).

Atualmente, ainda há certa controvérsia sobre a etiologia da doença, principalmente devido à dificuldade em se reproduzir sintomas a partir de inoculações com esporos do fungo. Paccola-Meirelles et al. (2001), por exemplo, não detectaram a presença de *P. maydis* em tecido doente após análises citológicas de lesões em estágio inicial. Ao contrário, os autores isolaram a bactéria *Pantoea ananas* (sinonímia *Erwinia ananas*) e obtiveram sucesso na reprodução dos sintomas após inoculação com a mesma, sugerindo o envolvimento desse organismo ao menos na fase inicial da doença. Assim,

segundo os autores, esses resultados indicam que o fungo não é o patógeno primário desta doença, como proposto originalmente, e que o mesmo se estabelece após a infecção pela bactéria.

Outra hipótese a respeito da etiologia da doença foi relatada por Amaral et al. (2005) o qual descreve três fungos associados à doença, sendo eles: *Phyllosticta* sp., *Phoma sorghina*, e a *Sporormiella* sp. De acordo com os autores, a ocorrência de cada um dos agentes etiológicos depende das condições ambientais e pode variar com o local e época de plantio.

As lesões da Mancha-Branca em milho podem ser classificadas em quatro estádios de desenvolvimento: (1) lesões aquosas verde-escuras, (2) lesões acinzentadas, (3) lesões necróticas que não apresentam estruturas reprodutivas (picnídios e pseudotécios) de *P. maydis* e (4) lesões necróticas com estruturas reprodutivas de *P. maydis*. O isolamento do fungo foi associado somente a lesões nos estádios 3 e 4 e as frequências de isolamento, 11,5% e 10,6%, respectivamente, foram consideradas baixas, por Paccola-Meirelles et al. (2001), o que corrobora com a hipótese de que *P. maydis* é patógeno secundário da doença.

Rolim et al. (2007), em estudos realizados sobre a ocorrência da Mancha-Branca, no período de 2001 a 2005, constataram que, no estado de São Paulo, durante a safrinha, a doença é favorecida quando se tem um acúmulo térmico por volta de 2.900°C, concomitantemente a um acúmulo de chuva de, aproximadamente, 350 mm, no período de cinco meses, contabilizados desde a semeadura (março a julho), independentemente de o híbrido ser resistente, moderadamente resistente ou suscetível. Estes valores acumulados são decorrentes de temperaturas médias amenas e chuvas moderadas.

O aumento da incidência e da severidade é favorecido pela semeadura tardia, pela ausência de rotação de culturas, pelo cultivo de milho safrinha e pela presença de restos culturais, e, principalmente, pelo uso de irrigação frequente

(Fernandes & Oliveira, 1997). Além desses fatores, o sistema de plantio também contribui para o aumento da severidade, uma vez que o fungo *P. maydis* é necrotrófico, podendo permanecer em restos de culturais de plantas infectadas e incrementando o potencial de inóculo para anos posteriores em áreas de plantio direto (Reis et al., 2004; Fernandes & Oliveira; 1997).

Por outro lado, Fantin (2005a) ressalta que, embora a sobrevivência de *P. maydis* seja favorecida em áreas nas quais os restos de cultura não são incorporados ao solo para decomposição, não se conhece a importância relativa dos resíduos culturais como fonte de inóculo, em relação à disseminação dos esporos de uma lavoura a outra, a curtas e longas distâncias.

Quanto à produtividade, segundo Fernandes & Oliveira (1997), as cultivares suscetíveis à Mancha-Branca podem apresentar perdas de até 60% na produção. Fantin et al. (2006) estimaram perdas na produtividade de grãos, em média, de 536 kg ha⁻¹ (11%), em estudos comparando grupos de híbridos com níveis contrastantes de severidade, em 22 locais.

Para o controle da Mancha-Branca, Mendes et al. (2008) relataram que a aplicação dos fungicidas Nativo e Piori Xtra resultou em um aumento na produtividade de grãos, além de proporcionar a redução na área abaixo da curva de progresso da doença. Os tratamentos com duas aplicações de fungicidas, nos estádios V8 e pré-pendoamento, ofereceram melhor controle da Mancha-Branca, não tendo os fungicidas diferido quanto à eficiência no controle da doença. Segundo Pereira et al. (2005), os fungicidas dos grupos químicos das estrobilurinas e ditiocarbatos apresentaram controle eficiente da doença. No entanto, Juliatti et al. (2004) verificaram a ineficiência dos fungicidas triazóis no controle da doença, fato este que corrobora com o envolvimento da etiologia bacteriana para a doença, pois estes não apresentam ação secundária contra doenças bacterianas.

Com relação ao controle genético da doença, os efeitos gênicos aditivos predominam na resistência à Mancha-Branca e a característica tem alta herdabilidade com controle oligogênico, o que facilita o melhoramento genético (Lopes et al., 2007).

2.3 Podridão de grãos – “complexo grãos ardidos”

Atualmente, os grãos ardidos constituem um dos principais problemas de qualidade do milho, devido à possibilidade da presença de micotoxinas, tais como aflatoxinas (*Aspergillus flavus*), fumonisinas (*Fusarium moniliforme* e *F. subglutinans*), entre outras. As perdas qualitativas por grãos ardidos são motivo de desvalorização do produto e uma ameaça à saúde dos rebanhos e humana (Mendes, 2009).

Os fungos mais frequentemente detectados e associados ao “complexo grãos ardidos” são *Fusarium verticillioides*, *Diplodia maydis* (*Stenocarpella maydis*) e *Diplodia macrospora* (*Stenocarpella macrospora*). Estes fungos atuam de forma deletéria na qualidade dos grãos e são aceitáveis os valores máximos de 2% de grãos ardidos para a exportação e de 6% para a comercialização no mercado interno (Menegazzo et al., 2001).

A incidência desses fungos nos grãos, normalmente, ocorre pela infecção da espiga, sendo favorecida por clima úmido e quente na fase de polinização, mal empalhamento e injúrias causadas por insetos nas espigas (Shurtleff, 1992; Reid et al., 1996). Segundo Agrios (2005), a utilização de populações elevadas de plantas, aliada a desequilíbrios nutricionais e à suscetibilidade dos genótipos, contribui para o aumento da incidência dos grãos ardidos. Além desses fatores, a intensidade das podridões da espiga é aumentada quando se pratica a monocultura, principalmente se associada à prática do plantio direto (Mendes, 2009).

Pinto (2006) constatou diferença significativa entre cultivares de milho com relação à incidência de grãos ardidos quando avaliou 28 delas quanto aos fungos *Fusarium verticillioides*, *Penicilium* spp. e *Stenocarpella maydis*. Segundo Buiate et al. (2006) e Silva et al. (2006), esses resultados são fundamentais na tomada de decisão para a escolha do genótipo a ser recomendado para uma determinada região, pois, mesmo apresentando altíssimo potencial produtivo, a produtividade líquida pode ser inferior, devido à sua alta susceptibilidade aos patógenos causadores do “complexo grãos ardidos”.

Grãos de milho com grau de umidade inferior a 13% não apresentaram condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos. No entanto, em graus de umidade acima de 17%, associados a temperaturas de 25°C a 30°C, ocorre alta produção de fungos e, conseqüentemente, de micotoxinas (Santúrio, 2003). Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura, principalmente em lavouras com híbridos com espigas não decumbentes, aumentam a incidência desta podridão de espiga.

Segundo Mendes (2009), a produtividade de grãos e a porcentagem de grãos ardidos foram influenciadas pelo tipo de híbrido e pelas safras agrícolas, sendo mais pronunciada no sistema de plantio direto. O mesmo autor relata que não há associação entre a produtividade de grãos e a porcentagem de grãos ardidos, o que evidencia que as perdas provocadas pela incidência de grãos ardidos em milho não são de caráter quantitativo.

O manejo integrado para o controle de grãos ardidos envolve utilização de híbridos resistentes, adubação equilibrada, rotação de culturas, controle de insetos, colheita precoce, transporte rápido e secagem, para evitar a contaminação de grãos de milho por micotoxinas no campo e nos silos, especialmente aquelas produzidas por *Fusarium* spp. (Mendes, 2009).

Atualmente, tem sido relatada a eficácia da utilização de fungicidas no controle de grãos ardidos. Segundo Juliatti et al. (2007), a aplicação de

fungicidas triazóis e estrobilurinas (Piraclostrobin + Epoxiconazole, Azoxystrobin + Ciproconazole e Azoxystrobin), quando aplicados via foliar, resultou em uma menor incidência de grãos ardidos no milho.

O uso dos fungicidas azoxystrobina + cyproconazole em aplicação foliar no pré-pendoamento possibilitou a redução da incidência de grãos ardidos em 5,12%, além de um aumento na produtividade de 1.040,00 kg ha⁻¹, ou 12%, quando se avaliaram diferentes híbridos cultivados em condições de alta pressão de doenças, com e sem aplicação de fungicidas (Brito et al., 2008).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. New York: Academic, 2005. 922 p.

ALVES, E. O. **Comportamento de genótipos de milho, em relação às ferrugens polysora e tropical, em diferentes ambientes**. 2004. 90p.
Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

AMARAL, A. L.; DAL SOGLIO, F. K.; CARLI, M. L.; BARBOSA NETO, J. F. Pathogenic fungi causing symptoms similar to phaeosphaeria leaf spot of maize in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 1, p. 44-49, Jan. 2005.

BONALDO, S. M.; RIEDO, I. C.; BERNARDES, E. H.; RICCI, E.; PORTES, A.; SIMÃO, R. S.; KOMATSU, R. A. Avaliação da aplicação de fungicida em milho, em diferentes estádios fenológicos para o controle da Cercosporiose. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2008. CD ROM.

BRANDÃO, A. M. **Manejo da cercosporiose (*Cercospora zae-maydis* Tehon e Daniels) e da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw.) pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação**. 2002. 169f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

BRANDÃO, A. M.; JULIATTI, F. C.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; VALE, F. X. R.; HAMAWAKI, O. T. Fungicidas e épocas de aplicação no controle da ferrugem comum (*Puccinia sorghi* Schw.) em diferentes híbridos de milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2003.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; POZZA, E. A.; PEREIRA, J. L. A. R.; FARIA FILHO, E. M. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 472-479, dez. 2007.

BRITO, C. H.; NASCIMENTO, C.; GAMA, A. J. M.; BORGES, M. H.; OLIVEIRA, D. R. F.; ALVIM, K. R. T. Competição entre híbridos de milho com e sem aplicação de fungicidas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2008. CD-ROM.

BRUNELI, K. R. *Cercospora zea-maydis*: esporulação, diversidade morfo-genética e reação de linhagens de milho. 2004. 105 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba.

BUBECK, D. M.; GOODMAN, M. M.; BEAVIS, W. D.; GRANT, D. Quantitative trait loci controlling resistance to gray leaf spot in maize. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 838-847, July 1993.

BUIATE, E. A. S.; SILVA, A. M.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; SANTANA, D. G. Reação de híbridos de milho ao complexo de patógenos causadores de “grão ardido” e levantamento dos principais fungos associados a essa doença no Brasil Central. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. CD-ROM.

CHUPP, C. **A monograph of the fungus genus *Cercospora***. New York: Ronald, 1953. 667 p.

CLEMENTS, M. J.; DUDLEY, J. W.; WHITE, D. G. Quantitative trait loci associated with resistance to gray leaf spot of corn. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 90, n. 9, p. 1018-1025, 2000.

COATES, S. T.; WHITE, D. G. Sources of resistance to gray leaf spot of corn. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 78, n. 11, p. 1153-1155, Nov. 1994.

COSTA, F. M. **Análise da curva de progresso temporal de doenças foliares na cultura do milho *Zea mays* L., sob a aplicação da mistura de fungicidas triazóis e estrobirulinas**. 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480p.

DERERA, J.; TONGOONA, P.; KEVIN, V. P.; VIVEK, B.; LAING, M. D.; RIJ, N. C. V. Gene Action Controlling Gray Leaf Spot Resistance in Southern African Maize Germplasm. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 1, p.93-98, Jan. 2008.

DUNKLE, L. D.; LEVY, M. Genetic relatedness of African and United States populations of *Cercospora zea-maydis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 90, n. 5, p. 486-490, May 2000.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Essex: Longmans Green, 1996.

FANTIN, G. M.; BRUNELLI, K. R.; RESENDE, I. C.; DUARTE, A. P. **A mancha de cercospora do milho**. Campinas: IAC, 2001. 19p. (IAC Boletim Técnico, 192).

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; CASTRO, J. L.; DUDIENAS, C.; PEREIRA, J. O. F.; JUNIOR, A. P.; GELLER, C.; BRAGATO, E. L.; KIRNEW, P. A.; CRUZ, F. A. Severidade em cultivares de milho safrinha na região paulista do Vale do Paranapanema em 2004 e 2005. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2005a. p. 309-318.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; CRUZ, F. A.; DUDIENAS, C.; CASTRO, J. L.; PEREIRA, J. O. F.; GALLO, P. B.; BORTOLETO, N.; RAMOS, V. J.; RIBEIRO, J. L. Efeito da mancha de phaeosphaeria sobre a produtividade do milho safrinha no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. CD ROM.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1997. 80p. (Circular Técnica, 26).

GORDON, G. S.; BARTSCH, M.; MATTIES, I.; GEVERS, H. O.; LIPPS, P. E.; PRATT, R. C. Linkage of molecular markers to *Cercospora zea-maydis* resistance in maize. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 2, p. 628-636, Mar. 2004.

JULIATTI, F. C.; APPELT, C. C. N. S.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; HAMAWAKI, O. T.; MELO, B. Controle da feosféria, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 45-54, 2004.

JULIATTI, F. C.; BRANDÃO, A. M. **Cercosporiose em milho (*Cercospora zea-maydis* Tehon & Daniels) afeta plantios de milho no cerrado brasileiro**. Uberlândia: ICIAG/UFU, 2000. (Boletim técnico informativo).

JULIATTI, F. C.; PEDROSA, M. G.; SILVA, H. D.; SILVA, J. V. C. Genetic mapping for resistance to gray leaf spot in maize. **Euphytica**, Wageningen, v. 169, n. 2, p. 227-238, Oct. 2009.

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, 2007.

LATTERELL, F. M.; ROSSI, A. Gray leaf spot of corn: a disease on the move. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 67, n. 8, p. 842-847, Aug. 1983.

LEHMENSIEK, A.; ESTERHUIZEN, A. M.; VAN STADEN, C. Genetic mapping of gray leaf spot (GLS) resistance genes in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 103, n. 5, p. 797-803, Oct. 2001.

LIPPS, P. E. Gray leaf spot: a global threat to corn production. **ASP net plant pathology on-line**. Ohio, 1998. Disponível em: < <http://www.apsnet.org/online/feature/grayleaf/top.html> > Acesso em: 10 mar. 2010.

LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; BRUNELLI, K. R.; SILVA, H. P.; MATIELLO, R. R.; CAMARGO, L. E. A. Controle genético da resistência a mancha de *Phaeosphaeria* em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 605-611, maio/jun. 2007.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: SBG, 1984. 242p.

MENDES, M. C. **Micotoxinas, aspectos químicos e bioquímicos relacionados a grãos ardidos em híbridos de milho**. 2009. 106p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. von; BRITO, A. H.; SOUZA FILHO, A. X.; LOPES, T. I. C. Avaliação da eficiência de fungicidas no controle de Mancha-Branca (*Phaeosphaeria maydis*) na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2008. CD ROM.

MENEGAZZO, R.; GIACOMINI, V.; TRICHEZ, M. A.; LAZZARI, F. A. Amostragem e monitoramento de micotoxinas em matérias-primas para rações. In: Simpósio em armazenagem qualitativa de grãos do Mercosul, 2., Londrina. **Anais...** Londrina: SAG/Mercosul, 2001. p. 161-171.

MENKIR, A.; AYODELE, M. Genetic analysis of resistance to gray leaf spot of midaltitude maize inbred lines. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 1, p. 163-170, Jan. 2005.

NUTTER JUNIOR, F. W.; JENCO, J. H. Development of critical-point yield loss models to estimate yield losses in corn caused by *Cercospora zae-maydis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 82, n. 9, p. 994, Sept. 1992.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; FERREIRA, A. S.; MEIRELLES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. R. Detection of a bacterium associated with a leaf spot disease of maize in Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 149, n. 5, p. 275-279, May 2001.

PAUL, P. A.; MUNKVOLD, G. P. Influence of temperature and relative humidity on sporulation of *Cercospora zae-maydis* and expansion of gray leaf spot lesions on maize leaves. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 6, p.624-630, June 2005.

PEGORARO, D. G; VACANO E.; NUSS, C. N. ; DAL SOGLIO, F. K.; SERENO, M. J. C. M.; BARBOSA NETO, J. F. Efeito da época de semeadura e adubação na mancha foliar de phaeosphaeria em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042, ago. 2001.

PEREIRA, A. O. P.; CAMARGO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho (*Zea mays*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO; A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed) **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. Piracicaba: Ceres, 2005. v. 2, cap. 55, p. 477-488.

PINHO, R. G. von; RAMALHO, M. A. P.; RESENDE, I. C.; POZAR, G.; OLIVATTO, A. V. D. Controle genético da resistência do milho às ferrugens polissora e tropical. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 394-399, set. 1999a.

PINHO, R. G. von; RAMALHO, M. A. P; SILVA, H. P.; RESENDE, I. C.; POZAR, G. Danos causados pelas ferrugens polissora e tropical no milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 400-409, set. 1999b.

PINTO, N. F. J. A. Reação de cultivares em relação à produção de grãos ardidos em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. CD ROM.

POZAR, G.; BUTRUILLE, D.; DINIZ, H. S.; VIGLIONI, J. P. Mapping and validation of quantitative trait loci for resistance to cercospora infection in tropical maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 553-564, Feb. 2009.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

REID, L. M.; BOLTON, A. T.; HAMILTON, R. I.; MATHER, D. E. **Screening maize for resistance to gibberella ear rot**. Ottawa: Agriculture and Agri-food Canada, 1996. (Technical Bulletin Publications, 196-5E).

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Lages: Graphel, 2004. v. 2, p. 20-47.

RINGER, C. E.; GRYBAUSKAS, A. P. Infection cycle components and disease progress of gray leaf spot on field corn. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, n. 1, p. 24-28, Jan. 1995.

ROLIM, G. S.; PEDRO JUNIOR, M. J.; FANTIN, G. M.; BRUNINI, O.; DUARTE, A. P.; DUDIENAS, C. Modelo agrometeorológico regional para estimativa da intensidade da mancha de phaeosphaeria em milho safrinha no Estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 721-728, 2007.

SAGHAI MAROOF, M. A.; YUE, Y. G.; XIANG, Z. X.; STROMBERG, E. L.; RUFENER, G. K. Identification of quantitative trait loci controlling resistance to gray leaf spot disease in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 93, n. 4, p. 539-546, Sept. 1996.

SANTÚRIO, J. M. Minimizando perdas e/ou uso de ingredientes não contaminados por micotoxinas. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AVICULTURA, 18., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. CD ROM.

SHURTLEFF, M. C. **A compendium of corn diseases**. Saint. Paul: American Phytopathological Society, 1992.

SILVA, A. M.; BRITO, C. H.; BUIATE, E. A. S.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; SANTANA, D. G. Associação da produtividade com incidência de grãos ardidos de milho para a região de São Bento Abade, Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. CD ROM.

SOUZA, P. P. **Evolução da cercosporiose e da mancha-branca do milho e quantificação de perdas, em diferentes genótipos com controle químico.** 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

TEHON, L. R.; DANIELS, E. Notes on parasitic fungi of Illinois. **Mycologia**, New York, v. 17, n. 2, p. 240-249, 1925.

WANG, J.; LEVY, M.; DUNKLE, L. D. Sibling species of *Cercospora* associated with gray leaf spot of maize. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 88, n. 12, p. 1269-1275, Dec. 1998.

WARD, J. M. J.; NOWELL, D. C. Integrated management for the control of maize gray leaf spot. **Integrated Pest Management Reviews**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 1-12, Mar. 1998.

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER JÚNIOR., F. W. Gray leaf spot: a disease of global importance in maize production. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 83, n. 10, p. 884-895, Oct. 1999.

CAPÍTULO 2

CONTROLE GENÉTICO DA RESISTÊNCIA À CERCOSPORIOSE DO MILHO EM GERMOPLASMA TROPICAL*

1 RESUMO

A Cercosporiose do milho, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora zea-maydis* Tehon & E. Y. Daniels, de ampla ocorrência no Brasil, tem causado expressiva redução na produtividade de grãos dessa cultura. Por isso, o desenvolvimento de híbridos resistentes à doença é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético da cultura. Informações sobre o controle genético da resistência às doenças são necessárias para que os programas de melhoramento sejam eficientes. Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a natureza e a magnitude dos efeitos gênicos da resistência à Cercosporiose, a partir da avaliação das linhagens parentais e gerações F₁, F₂, RC₁₁ e RC₂₁ de dois cruzamentos, avaliados em duas épocas de semeadura, novembro e dezembro de 2008, em Lavras, MG. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições. Cada repetição constituiu-se de onze parcelas, sendo uma para cada linhagem parental e geração F₁, duas para o RC₁₁, duas para o RC₂₁ e quatro para a geração F₂. A avaliação da resistência foi realizada por meio de uma avaliação, aos 95 dias após a emergência das plantas, utilizando escala diagramática com notas variando de 1 (altamente resistente) a 9 (altamente suscetível). Os dados obtidos foram analisados individualmente por experimento, utilizando-se os dados médios por parcela. Foi considerado um modelo aditivo-dominante sem epistasia, com a estimação dos componentes de média e de variância. Utilizando-se as estimativas obtidas, foi possível estimar o número de genes envolvidos no controle do caráter. O controle genético da resistência à Cercosporiose é um caráter poligênico, com predominância dos efeitos aditivos no controle; apresenta dominância em poucos locos de pequeno efeito e alta herdabilidade, condição essa favorável à seleção.

* Esse trabalho será submetido à revista Euphytica para publicação

2 ABSTRACT

The gray leaf spot (*Cercospora zea-maydis*), of ample occurrence in Brazil, has been causing an expressive reduction in the corn yield in the country. Thus, the development of resistant hybrids to this disease is one of the main objectives of corn breeding programs. Information about the genetic control of resistance to the disease is necessary so that the programs can be effective. The main goal of this study was to determine the genetic control of resistance to the gray leaf spot in maize through the assessment of the parental lines and the F₁, F₂, RC₁₁ and RC₂₁ generations of two crosses in two sowing dates, October and November, 2008 at Lavras Federal University - UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brazil. The randomized blocks design with three replications was used. Each replication contained 11 plots, being one for each parental line and F₁ generation, two for RC₁₁, two for RC₂₁ and four for the F₂ generation. The data were obtained at plant level by means of a severity evaluation of the disease, 95 days after emergence of the plants, by using a diagrammatic scale with scores ranging from 1 (highly resistant) to 9 (highly susceptible). The data were analyzed individually by experiment, using the average data for each plot. The dominant-additive genetic model, without epistasis was considered, with the estimation of the components of means and variance. Using the estimates obtained, it was possible to estimate the number of genes involved in character control. Genetic control of resistance to gray leaf spot is polygenic with the predominance of the additive effects; it shows dominance in a few minor effect loci and high heritability values.

3 INTRODUÇÃO

A Cercosporiose, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora zea* *maydis* Tehon & E.Y. Daniels, é, atualmente, uma das principais doenças foliares da cultura do milho no Brasil, tanto pelos prejuízos que tem causado aos híbridos suscetíveis, como pela sua ampla distribuição, sendo encontrada em todas as regiões produtoras de milho do país (Brito et al., 2008). A partir do ano 2000, a doença de ocorrência endêmica, na forma de pequenas e esparsas lesões foliares, começou a assumir proporções epidêmicas em várias regiões do país (Juliatti et al., 2004).

No Brasil, tem sido consenso entre os melhoristas de milho que uma das maiores causas da descontinuidade no plantio de híbridos comerciais é a alta severidade de doenças como a Cercosporiose, com o surgimento de variações na população do patógeno, ocasionadas, principalmente, pelo cultivo de híbridos suscetíveis e pelas mudanças nos sistemas de produção. Com isso, torna-se evidente a necessidade de desenvolvimento de híbridos com resistência genética a essa doença. Felizmente, a eficiência dessa estratégia já foi comprovada nos EUA e na África, onde os prejuízos causados por essa doença foram relatados anteriormente aos do Brasil (Menkir & Ayodele, 2005; Derera et al., 2008).

As pesquisas relacionadas com a determinação do tipo de ação gênica envolvida na resistência a Cercosporiose indicam a predominância da ação gênica aditiva (Menkir & Ayodele, 2005, Derera et al., 2008). Contudo, alguns desses relatos descreveram significância dos efeitos não aditivos e que, para explicar completamente o modo de herança da resistência à Cercosporiose, deveria incluir os efeitos de dominância nos modelos.

As pesquisas realizadas com o mapeamento de QTLs para resistência corroboram em grande parte esses resultados. Efeito gênico aditivo foram

relacionados com QTLs consistentes mapeados no cromossomo 2, por Bubeck et al. (1993); no cromossomo 1, por Maroof et al. (1996) e no cromossomo 4, por Gordon et al (2004). Já ação gênica dominante foi observada, por Shagai Maroof et al. (1996), para o QTL mapeado no cromossomo 4, que se originou do parental suscetível B73. Esse QTL é o mesmo mapeado por Gordon et al. (2004), ocupando exatamente a mesma posição no cromossomo, bin 4.08, com ação gênica dominante. Porém, nesse caso, se originou do parental dominante VO613Y.

Em pesquisa realizada por Pozar et al. (2009), no Brasil, foram mapeados e caracterizados QTLs relacionados com a resistência a *C. zeae maydis*, por meio de marcadores SSR e SNP. Segundo o mesmo autor, a combinação de QTL tem impacto na efetividade de procedimentos de seleção monitorados por marcadores em programas de melhoramento para o desenvolvimento de híbridos comerciais.

Apesar de o mapeamento de QTL possibilitar o desenvolvimento mais rápido de híbridos resistentes à Cercosporiose, via seleção assistida por marcadores moleculares, existe grande possibilidade de aparecimento de variações na população do patógeno, resultando na interação de QTL x ambientes, reforçando a importância da seleção feita a campo.

A condução de qualquer programa de melhoramento é facilitada, se houver informações sobre o controle genético do caráter. Isso porque possibilita aos melhoristas a escolha da estratégia mais adequada de condução do seu trabalho. Contudo, é importante ressaltar que os relatos da literatura utilizaram germoplasma adaptado a condições edafoclimáticas distintas das encontradas no Brasil. Embora esses estudos tenham gerado valiosas informações, geralmente, elas são aplicáveis apenas para a fonte de germoplasma específico e para a faixa de ambientes testados (Falconer & Mackay, 1996). Além disso, existem poucas

informações a respeito do estudo da herança da resistência à Cercosporiose em milho no Brasil, utilizando linhagens contrastantes e suas gerações híbridas.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a natureza e a magnitude dos efeitos gênicos da resistência à Cercosporiose, a partir da avaliação de linhagens contrastantes para a resistência a essa doença e gerações híbridas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Linhagens e gerações híbridas utilizados

Neste trabalho, foram avaliadas as linhagens GNS31, GNS30 e GNS84, oriundas do programa de melhoramento genético da empresa GENESEEDS - Recursos Genéticos Ltda. e as gerações F₁, F₂, RC₁₁ e RC₂₁, derivadas dos cruzamentos GNS30 x GNS31 e GNS84 x GNS31. As linhagens GNS30 e GNS31 foram obtidas a partir da mesma população formada por linhagens derivadas dos germoplasmas Cateto e Caribbean. Ambas possuem grãos duros, porte baixo e ciclo semitardio. A GNS31 é suscetível e a GNS30, resistente à Cercosporiose. A linhagem GNS84 foi obtida a partir da autofecundação de variedades derivadas do germoplasma Tuxpeno, tem grãos semidentados, porte médio, ciclo precoce e resistência à Cercosporiose. As sementes das linhagens genitoras, bem como as gerações F₁, F₂, RC₁₁ e RC₂₁, foram obtidas na safra de 2007/2008, por meio de autofecundações e cruzamentos realizados a campo.

4.2 Detalhes experimentais

Os experimentos foram instalados em duas épocas de semeadura, novembro e dezembro de 2008, considerando um intervalo de 30 dias entre a primeira época e a segunda época. A semeadura foi realizada na área experimental da Universidade Federal de Lavras, MG, situada a 21°14'S e 45°

00'W, a 918 m de altitude. O clima local é do tipo Cwa (subtropical, com verão chuvoso e inverno seco), segundo a classificação de Köppen. O solo da área experimental foi classificado como sendo um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), textura argilosa e declividade de 9%.

Foram conduzidos dois experimentos distintos para cada época de semeadura, um para cada cruzamento. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com três repetições. Cada repetição constituiu-se de 11 parcelas, sendo uma para cada linhagem parental e geração F₁, duas para o RC₁₁, duas para o RC₂₁ e quatro para a geração F₂. Dessa forma, foi possível utilizar parcelas sempre de mesma dimensão, sendo quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m. Desse modo, obteve-se maior representatividade das populações segregantes, sendo em torno de 80 plantas por parcela.

Na semeadura, foram aplicados, para ambos os experimentos conduzidos nas duas épocas de semeadura, 400 kg ha⁻¹ de adubo da formulação 8–28–16+0,5% de zinco. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, aplicaram-se, em cobertura, 300 kg ha⁻¹ da formulação 30–00–20. A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram entre oito e nove folhas, com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de ureia. Os tratos culturais realizados, bem como o combate às pragas, foram executados nas épocas adequadas, de acordo com as necessidades da cultura.

4.3 Avaliação da doença

O início do progresso da doença ocorreu por infecção natural. Para avaliar a severidade da doença, vinte plantas de cada parcela foram etiquetadas para a coleta de dados, por ocasião do florescimento. Foi realizada uma avaliação aos 95 dias após a emergência das plantas, conforme indicado por Brito et al. (2008), que constatou ser esta época a mais eficiente para discriminar

o nível de resistência dos genótipos. Para isso, foi feita uma avaliação visual da área foliar afetada pela doença, com o auxílio de escala diagramática, apresentado por Pinho et al. (2001), variando de 1 a 9, sendo 1 = 0% (altamente resistente); 2 = 1% (resistente); 3 = > 1% e ≤10% (resistente); 4 = >10% e ≤20% (medianamente resistente); 5 = >20% e ≤30% (medianamente suscetível); 6 = >30% e ≤40% (medianamente suscetível); 7 = >40% e ≤60% (suscetível); 8 = >60% e ≤80% (suscetível); 9 = >80% (altamente suscetível).

4.4 Análise dos dados e estimativa de parâmetros genéticos

Os dados obtidos em todos os experimentos, para ambas as épocas de semeadura, foram analisados de modo idêntico, considerando os dois cruzamentos. Para isso, foi estimada a variância fenotípica dentro de parcelas e os dados médios por parcela foram submetidos à análise de variância segundo o seguinte modelo estatístico, considerando todos os efeitos como fixos, exceto o efeito do erro experimental:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

em que

Y_{ij} – valor observado da geração i no bloco j ;

m – média geral;

t_i – efeito da geração i ($i=1, \dots, 6$);

b_j – efeito do bloco j ($j=1, 2$ e 3);

e_{ij} – efeito do erro experimental.

As estimativas dos componentes genéticos de médias foram obtidas utilizando-se o método dos quadrados mínimos ponderados (Kearsey & Pooni, 1996). Foi considerado um modelo aditivo-dominante sem epistasia, com a estimação dos seguintes parâmetros: m – média dos genótipos homozigóticos; a – somatório dos efeitos dos genótipos homozigóticos em relação ao ponto médio

(efeitos aditivos) e d – somatório dos efeitos dos genótipos heterozigóticos em relação ao ponto médio (efeitos de dominância). O grau médio de dominância (d/a) foi obtido a partir dessas estimativas.

Foram estimados os componentes da variância genética, considerando que a variância fenotípica das linhagens parentais e geração F₁ é apenas de origem ambiental (σ^2_E), ou seja, σ^2_{P1} , σ^2_{P2} , $\sigma^2_{F1} = \sigma^2_E$, e que a variância da F₂ contém, além da variância ambiental, as variâncias genéticas aditiva σ^2_A e de dominância σ^2_D , isto é, $\sigma^2_{F2} = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E$ e a soma das variâncias fenotípicas dos dois retrocruzamentos contém: $\sigma^2_{RC11} + \sigma^2_{RC21} = 1 \sigma^2_A + 2 \sigma^2_D + 2 \sigma^2_E$.

Os componentes da variância fenotípica, σ^2_A , σ^2_D e σ^2_E , foram estimados utilizando-se o procedimento proposto por Mather & Jinks (1984), a partir das seguintes matrizes:

- Matriz C do modelo:

$$C = \begin{vmatrix} & \sigma^2_A & \sigma^2_D & \sigma^2_E \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 \end{vmatrix}$$

- Vetor Y dos resultados:

$$Y = \begin{vmatrix} (\sigma^2_{P1} + \sigma^2_{P2} + \sigma^2_{F1})/3 \\ \sigma^2_{F2} \\ \sigma^2_{RC11} + \sigma^2_{RC21} \end{vmatrix}$$

O vetor dos parâmetros M foi obtido pelo procedimento, a partir da equação:

$$M=(C'C)^{-1} (C'Y)$$

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAS (SAS Institute Inc, 1993), utilizando-se o PROC GLM para as análises de variâncias entre gerações e o PROC IML, para a obtenção das estimativas dos componentes genéticos de médias e de variância. A verificação do ajuste do modelo utilizado foi feita com base nas estimativas dos coeficientes de determinação, envolvendo os valores observados e esperados.

Obteve-se a estimativa da herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) pela expressão:

$$h_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_{F2}}$$

Foi estimado também o número de genes (K) envolvidos no controle do caráter pela expressão apresentada por Ramalho et al. (1993). Considerando ausência de dominância, foi utilizada a seguinte expressão:

$$K = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8(\sigma_{FRC1}^2 - 2\sigma_E^2)}$$

em que:

P_1 – média do caráter para o pai 1;

P_2 – média do caráter para o pai 2;

σ_{FRC1}^2 – somatório da variância do RC_{11} e RC_{21} ;

σ_E^2 – variância ambiental; $\sigma_E^2 = (\sigma_{P1}^2 + \sigma_{P2}^2 + \sigma_{F1}^2)/3$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados das análises de variância apresentados na Tabela 1, verificou-se diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre as diferentes gerações, ou seja, entre os parentais, híbridos F_1 e gerações segregantes (F_2 , RC_{11} e RC_{21}), para os dois cruzamentos utilizados. Houve acentuada variação entre os parentais e as demais gerações envolvidas (Tabela 2). A existência da variação é condição essencial para o estudo do controle genético do caráter.

Com exceção das médias dos pais e das gerações F_1 e RC_{21} do cruzamento GNS31 x GNS84, as médias das gerações dos dois cruzamentos aumentaram significativamente na segunda época de semeadura (Tabela 2). Isto, provavelmente, se deve ao fato da maior pressão de inóculo nos experimentos conduzidos nesta época.

Independente da época avaliada, observa-se que a linhagem suscetível GNS31, comum para ambos os cruzamentos, apresentou alta severidade da doença, com notas variando de 8,85 a 8,95. No cruzamento GNS30 (P_1) x GNS31(P_2), a linhagem resistente GNS30 apresentou severidade média de doença de 1,1, enquanto o híbrido F_1 apresentou um comportamento intermediário, ao das linhagens parentais, considerando as duas épocas de semeadura. Já no cruzamento GNS84 (P_1) x GNS31 (P_2), a linhagem GNS84 apresentou severidade de 1,1 e o híbrido F_1 apresentou comportamento próximo ao do pai resistente, com severidade de 3,20 e 2,15, para a primeira e a segunda época, respectivamente. Diferenças dessa magnitude já foram relatadas em outras situações (Coates & White, 1998; Menkir & Ayodele, 2005). A pressuposição de pais contrastantes, uma das condições básicas para o estudo de controle genético, também foi atendida.

TABELA 1 Resumo da análise de variância para a severidade (notas) de *Cercospora zeaе maydis* obtida nos experimentos de avaliação dos parentais e das gerações F1, F2, RC11 e RC21 de dois cruzamentos e em duas épocas de semeadura (época 1 = novembro/08; época 2 = dezembro/08).

FV	GL	QM			
		Época 1		Época 2	
		GNS84 x GNS31	GNS30 x GNS31	GNS84 x GNS31	GNS30 x GNS31
Blocos	2	3,4137	2,7103	0,0252	0,9918
Gerações	5	36,7071**	38,7212**	72,4081**	28,0880**
Resíduo	25	0,6987	1,1581	0,0112	0,2415
Médias		4,38	4,74	5,48	7,35
CV(%)		19,06	22,71	1,93	6,69

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Estes resultados sugerem, a princípio, que os efeitos aditivos são predominantes no controle da resistência a *C. zeaе maydis*, uma vez que, nas gerações segregantes, há alelos não efetivos. As médias das gerações F₁ e F₂, próximas ao ponto médio dos parentais, são outro indicativo da predominância dos efeitos aditivos no controle do caráter.

O estudo de componentes de médias revelou que o modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar a variação observada. Para ambos os cruzamentos, na primeira época de semeadura, as correlações entre as médias estimadas e as médias esperadas foram próximas da unidade, assim como o coeficiente de determinação do modelo (R²). As estimativas dos componentes de médias (Tabela 2) mostraram que os efeitos aditivos (*a*) e de dominância (*d*) foram significativamente diferentes de zero ($p \leq 0,01$), para os dois cruzamentos, em ambas as épocas de semeadura. As estimativas negativas de *d* sinalizam que

a dominância é no sentido de reduzir a severidade da doença, o que é uma condição favorável aos programas de melhoramento visando à obtenção de híbridos resistentes, com exceção do valor obtido para o cruzamento GNS31 x GNS30 na segunda época de semeadura, o qual obteve um valor positivo, em função do aumento da severidade da doença observada nas gerações segregantes.

TABELA 2 Médias de severidade de *Cercospora zeaе maydis* das gerações avaliadas e estimativas dos componentes de média para a severidade média de *Cercospora zeaе maydis* obtidas em dois cruzamentos e em duas épocas de semeadura (época 1 = novembro/08; época 2 = dezembro/08).

Média de severidade de <i>Cercospora zeaе maydis</i> (nota)				
Gerações	1ª Época		2ª Época	
	GNS31 x GNS84	GNS31 x GNS30	GNS31 x GNS84	GNS31 x GNS30
P₁	8,93	8,85	8,92	8,95
P₂	1,08	1,12	1,12	1,10
F₁	3,20	4,87	2,15	6,87
F₂	5,10	4,24	8,55	7,87
RC₁₁	6,59	7,20	8,79	8,73
RC₂₁	1,43	1,92	1,20	7,50
Componentes de médias				
m	5,00**±0,02 ^{1/}	4,91**±0,03	5,48**±0,03	5,33**±0,02
a	3,95**±0,02	3,95**±0,03	4,28**±0,03	3,78**±0,02
d	-1,87**±0,1	-0,25**±0,06	-1,90**±0,05	2,51**±0,05
R²	0,99	0,99	0,93	0,98

^{1/} Erro padrão da estimativa

** Significativo, a 1% de probabilidade

O grau médio de dominância (d/a) obtido a partir dessas estimativas foi de 0,06 e 0,66, para GNS31 x GNS30, e de 0,47 e 0,44, para GNS31 x GNS84, nas primeira e segunda época de semeadura, respectivamente, sugerindo dominância parcial. Os resultados aqui observados estão de acordo com a maioria dos relatos da literatura a respeito da predominância dos efeitos aditivos e efeitos de dominância significativos (Thompson et al., 1987; Elwinger et al., 1990; Ulrich et al., 1990; Donahue et al., 1991; Gevers & Lake, 1994; Coates & White, 1998; Verma, 2001; Menkir & Ayodele, 2005; Derera et al., 2008).

Os componentes de variância fenotípica e genética são apresentados na Tabela 3. Mais uma vez, o modelo aditivo-dominante explicou quase a totalidade da variação ocorrida, o que pode ser verificado pelas estimativas do R^2 . Corroborando o estudo de componentes de médias, os componentes de variância revelaram maior importância dos efeitos aditivos na herança da resistência à Cercosporiose. As estimativas da variância aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) foram, em sua maioria, significativamente diferentes de zero. A variância aditiva pode ser definida como uma relação linear entre os valores genotípicos dos indivíduos de uma população e o número de alelos favoráveis que eles possuem (Cruz et al., 2004). Assim, a prevalência de efeitos aditivos no controle genético da resistência à Cercosporiose constitui um indicativo de facilidade na identificação de genótipos superiores, com maior concentração de alelos favoráveis, portanto, uma condição favorável ao melhoramento genético.

A predominância dos efeitos gênicos aditivos na resistência à Cercosporiose em milho também foi observada nos trabalhos de Bubeck et al. (1993), Maroof et al. (1996), Clements et al. (2000), Gordon et al. (2004) e Juliatti et al. (2009).

Entretanto, nota-se que a variância de dominância foi muito pequena para os dois cruzamentos, em ambas as épocas de semeadura, sendo os valores não significativos, contrariando os resultados obtidos pelos componentes de

médias sobre a importância dos efeitos de dominância no controle da resistência para estes cruzamentos.

TABELA 3 Variância das gerações avaliadas e estimativas dos componentes de variância genética e ambiental para a severidade média de *C. zeaе maydis*, obtidas em dois cruzamentos e em duas épocas de semeadura (época 1 = novembro/08; época 2 = dezembro/08).

Variância da severidade de <i>Cercospora zeaе maydis</i> (nota)				
Gerações	1ª Época		2ª Época	
	GNS31 x GNS84	GNS31 x GNS30	GNS31 x GNS84	GNS31 x GNS30
P ₁	0,076	0,108	0,108	0,093
P ₂	0,065	0,167	0,080	0,083
F ₁	0,128	0,152	0,127	0,142
F ₂	0,928	0,761	0,539	0,936
RC ₁₁	0,472	0,421	0,400	0,800
RC ₂₁	0,587	0,460	0,312	0,389
Componentes de variância				
σ^2_E	0,09** \pm 0,01 ^{1/}	0,14** \pm 0,01	0,11** \pm 0,01	0,11** \pm 0,01
σ^2_A	0,80* \pm 0,18	0,64* \pm 0,15	0,37 ^{ns} \pm 0,11	0,68* \pm 0,19
σ^2_D	0,04 ^{ns} \pm 0,11	0,02 ^{ns} \pm 0,09	0,06 ^{ns} \pm 0,08	0,14 ^{ns} \pm 0,11
h_r^2 (%)	85,89	84,28	68,65	73,00
R ²	0,98	0,99	0,99	0,98
K ^{2/}	8,7	12,5	14,1	7,8

^{1/} Erro padrão da estimativa

^{2/} Número de genes com ausência de dominância

Contudo, deve-se salientar que, na obtenção de estimativas de componentes genéticos de variância, empregando o método dos quadrados

mínimos, a variância de dominância corresponde aos desvios da equação de regressão linear, utilizada na obtenção da variância aditiva (Bernardo, 2002). Portanto, as estimativas da variância de dominância podem estar subestimadas, uma vez que esse método tende a minimizar os desvios em relação à reta de regressão. Efeitos dominantes significativos foram também descritos por Elwinger et al. (1990), Gevers & Lake (1994), Coates & White (1998), Verma (2001) e Menkir & Ayodele (2005), indicando que o controle genético do caráter pode variar entre diferentes fontes de resistência, o que deve ser considerado nos programas de melhoramento, que devem caracterizar suas fontes de resistência para que o processo de seleção seja eficiente.

As estimativas de herdabilidade para a primeira época de semeadura foram superiores e demonstram que o efeito ambiental foi mais pronunciado na segunda época de semeadura (Tabela 3). Esse fato pode explicar os resultados não esperados das médias das gerações para a segunda época de semeadura e, principalmente, evidencia que estudos envolvendo resistência genética horizontal a patógenos podem ser comprometidos por plantios tardios, nos quais pode ocorrer maior pressão de patógenos.

A variação genética aditiva foi elevada, indicando grande possibilidade de sucesso com a seleção. Estimativas de herdabilidade com elevada proporção da variação genética sobre a ambiental já foram relatadas em outras oportunidades (Coates & White, 1998).

Com a identificação da predominância dos efeitos aditivos e elevadas estimativas de herdabilidade, torna-se evidente que as chances de se obter, por meio da seleção, linhagens resistentes a *C. zea-maydis* são grandes. Segundo Kearsley & Pooni (1996), os resultados encontrados relacionados à dominância (d – pequeno e significativo; $\hat{\sigma}_D^2$ - não significativo) indicam pequeno nível de dominância da herança da resistência. Em outras palavras, há poucos locos de pequeno efeito com presença de dominância no controle do caráter. Diante do

exposto, a estratégia de melhoramento mais indicada seria a obtenção de híbridos a partir de linhagens resistentes, aproveitando, dessa forma, os efeitos aditivos dos locos de maior efeito dos genitores e a dominância que será expressa nos locos contrastantes de menor efeito.

Com relação ao número de genes envolvidos no controle da resistência a este patógeno, considerando a ausência de dominância, constatou-se a presença de 11,4 genes, em média, quando se considerou o cruzamento GNS84 x GNS31 e de 10,2 genes, em média, para o cruzamento GNS30 x GNS31, considerando ambas as épocas de semeadura. Esses resultados mostram que o controle genético é poligênico. Pesquisas conduzidas por Bubeck et al. (1993) mostraram que vários locos controladores de características quantitativas (QTLs) com ação aditiva dos genes são associados com a resistência, o que demonstra ser esta do tipo horizontal ou poligênica.

Os altos valores de herdabilidade e a grande importância do efeito gênico aditivo no controle do caráter são favoráveis ao melhoramento para características controladas por vários genes.

6 CONCLUSÕES

O controle genético da resistência à Cercosporiose é um caráter poligênico, com predominância dos efeitos aditivos no controle, apresenta dominância em poucos locos de pequeno efeito e alta herdabilidade, condição essa favorável à seleção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2002. 369p.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; SOUZA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da Cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 19-31, 2008.

BUBECK, D. M.; GOODMAN, M. M.; BEAVIS, W. D.; GRANT, D. Quantitative trait loci controlling resistance to gray leaf spot in maize. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 838-847, July 1993.

CLEMENTS, M. J.; DUDLEY, J. W.; WHITE, D. G. Quantitative trait loci associated with resistance to gray leaf spot of corn. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 90, n. 9, p. 1018-1025, 2000.

COATES, S. T.; WHITE, D. G. Inheritance of resistance to gray leaf spot in crosses involving selected resistant inbred lines of corn. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 88, n. 9, p. 972-982, Sept. 1998.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480p.

DERERA, J.; TONGOONA, P.; KEVIN, V. P.; VIVEK, B.; LAING, M. D.; RIJ, N. C. V. Gene action controlling gray leaf spot resistance in Southern African Maize Germplasm. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 1, p. 93-98, Jan. 2008.

DONAHUE, P. J.; STROMBERG, E. L.; MYERS, S. L. Inheritance of reaction to gray leaf spot in a diallel of 14 maize inbreds. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 4, p. 926-931, July 1991.

ELWINGER, G. F.; JOHNSON, M. M.; HILL, R. R.; AYERS, J. E. Inheritance of resistance to gray leaf spot of corn. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 2, p.350-358, Mar. 1990.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Essex: Longmans Green, 1996.

GEVERS, H. O.; LAKE, J. K.; HOHLS, T. Diallel cross analysis of resistance to gray leaf spot in maize. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 78, n. 4, p. 379-383, Apr. 1994.

GORDON, G. S.; BARTSCH, M.; MATTIES, I.; GEVERS, H. O.; LIPPS, P. E.; PRATT, R. C. Linkage of molecular markers to *Cercospora zea-maydis* resistance in maize. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 2, p. 628-636, Mar. 2004.

JULIATTI, F. C.; APPELT, C. C. N. S.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; HAMAWAKI, O. T.; MELO, B. Controle da feosféria, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 45-54, 2004.

JULIATTI, F. C.; PEDROSA, M. G.; SILVA, H. D.; SILVA, J. V. C. Genetic mapping for resistance to gray leaf spot in maize. **Euphytica**, Wageningen, v. 169, n. 2, p. 227-238, Oct. 2009.

KEARSEY, M.J.; POONI, H.S. **The genetical analysis of quantitative traits**. London: Chapman and Hall, 1996.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: SBG, 1984. 242p.

MENKIR, A.; AYODELE, M. Genetic analysis of resistance to gray leaf spot of midaltitude maize inbred lines. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 1, p. 163-170, Jan. 2005.

PINHO, R. G. von; RAMALHO, M. A. P.; RESENDE, I. C.; SILVA, H. P.; POZAR, G. Reação de híbridos comerciais de milho às ferrugens polissora e tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 439-445, mar. 2001.

POZAR, G.; BUTRUILLE, D.; DINIZ, H. S.; VIGLIONI, J. P. Mapping and validation of quantitative trait loci for resistance to cercospora infection in tropical maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 553-564, Feb. 2009.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

SAGHAI MAROOF, M. A.; YUE, Y. G.; XIANG, Z. X.; STROMBERG, E. L.; RUFENER, G. K. Identification of quantitative trait loci controlling resistance to gray leaf spot disease in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 93, n. 4, p. 539-546, Sept. 1996.

SAS INSTITUTE INC . **SAS System**. Cary, 1993. 18 v.

THOMPSON, D. L.; BERGQUIST, R. R.; PAYNE, G. A.; BOWMAN, D. T.; GOODMAN, M. M. Inheritance of resistance to gray leaf spot in maize. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 2, p. 243-246, Mar. 1987.

ULRICH, J. F.; HAWK, J. A.; CAROLL, R. B. Diallel analysis of maize inbreds for resistance to gray leaf spot. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 6, p. 1198-1200, Nov. 1990.

VERMA, B. N. Gray leaf spot disease of maize: loss assessment, genetic studies and breeding for resistance in Zambia. In: EASTERN AND SOUTHERN AFRICA REGIONAL MAIZE CONFERENCE AND SYMPOSIUM ON LOW-NITROGEN AND DROUGHT TOLERANCE IN MAIZE, 7., 2001, Nairobi. **Proceedings...**Nairobi: CIMMYT, 2002. p. 60-65.

CAPÍTULO 3

CONTROLE QUÍMICO DE DOENÇAS FOLIARES E GRÃOS ARDIDOS EM MILHO*

1 RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de fungicida nas doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca do milho, na produtividade de grãos e na incidência de grãos ardidos e também estabelecer a relação existente entre a produtividade de grãos e a severidade dessas doenças. Foram conduzidos um total de seis experimentos, no ano agrícola de 2007/2008, em três locais, na região sudeste do Brasil. Em um dos experimentos, de cada local, a doença foi controlada com a utilização dos fungicidas azoxystrobina + cyproconazole, na dosagem de 0,30 l ha⁻¹ e o outro foi conduzido sem o controle de doenças. Foram utilizados 12 híbridos comerciais de milho provenientes de diferentes empresas sementeiras do Brasil. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Foram realizadas cinco avaliações da severidade das doenças Cercosporiose e Mancha-Branca, a intervalos de sete dias, a partir dos 80 dias após a emergência, visualmente, por meio de escala de notas variando de 1 (altamente resistente) a 9 (altamente suscetível). Estimou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e obtiveram-se também a produtividade de grãos por parcela e a incidência de grãos ardidos. Com esses dados, foi estimada a redução na produtividade de grãos e obtidas as correlações parciais entre a redução na produtividade de grãos e a severidade das doenças. A aplicação de fungicida é eficiente no controle de doenças foliares e proporciona a obtenção de maiores produtividades de grãos, em média, 12% superior do que quando não se utilizou fungicida. O uso de fungicida em aplicação foliar possibilita a redução da incidência de grãos ardidos. As doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca reduzem a produtividade de grãos de milho e essa redução é maior quando as doenças ocorrem mais precocemente. A Cercosporiose provoca maior redução na produtividade de grãos, quando comparada com a Mancha-Branca.

* Esse trabalho será submetido à revista Ciência e Agrotecnologia para publicação

2 ABSTRACT

Experiments were carried out in the agricultural year of 2007/2008 in three environments in the south-eastern region of Brazil to evaluate the effects of fungicide application on the grain yield and incidence of rotten grains in maize while at the same time establishing the existing relationship between the damages and the severity of the disease. In one of the experiments at each environment, the diseases were controlled with azoxystrobina + cyproconazole (0.30 l ha^{-1}) and the other was conducted without disease control. Twelve commercial maize hybrids were used, in a randomized block experimental design with three replications. Five evaluations of disease severity (maize white spot and maize gray leaf spot) based on visual symptoms were performed at seven-day intervals from the 80th day after maize emergence, ranging from 1 (highly resistant) to 9 (highly susceptible). The area under the disease progress curve (AUDPC) was estimated and grain yield and rotten grain per plot was also obtained. From those data, the reduction in grain yield was estimated and the partial correlations between the reduction in yield and the score of the disease severity were established. Fungicide application is effective in the control of maize leaf diseases, and the experiments without control of the diseases had grain yield lower than that of the experiments with control, there being a reduction of 1.2 t.ha^{-1} (12.3%) on average. The fungicide use presents an effect in the control of rotten grains, there being a reduction of 2.6% on average. Maize gray leaf spot and maize white spot reduces the maize grain yield, the largest part of the damage being ascribed to gray leaf spot.

3 INTRODUÇÃO

A exposição da cultura do milho aos mais variados estresses bióticos e abióticos dificulta a exploração do máximo potencial genético para a produtividade de grãos, qualquer que seja o sistema de produção adotado. Por ser uma cultura na qual o cultivo tem ampla abrangência geográfica, ocupando as mais diversas condições edafoclimáticas, é comum a ocorrência de elevado número de doenças. Assim, dezenas de doenças já foram identificadas na cultura de milho no Brasil, causando perdas significativas (Pozar et al., 2009). Essas perdas, associadas, principalmente, às doenças foliares e à incidência de podridões de grãos, têm causado ampla discussão sobre estratégias de manejo que visem ao desenvolvimento de um programa, que permita controlar as doenças de forma sustentável, principalmente no que diz respeito ao controle químico e genético.

A Cercosporiose, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora zeaе maydis* Tehon & E.Y. Daniels, é, atualmente, uma das principais doenças foliares da cultura do milho no Brasil, tanto pelos danos causados, como pela sua ampla distribuição, sendo encontrada em todas as regiões produtoras (Brito et al., 2008). A partir do ano 2000, a doença, de ocorrência endêmica na forma de pequenas e esparsas lesões foliares, começou a assumir proporções epidêmicas em várias regiões do país (Juliatti et al., 2004). Essa doença foi responsável pela descontinuidade de vários híbridos comerciais suscetíveis de alto potencial produtivo, que chegaram a atingir níveis de redução de produtividade de grãos de até 40% (Brandão, 2002; Souza, 2005; Brito et al., 2007).

Com relação ao controle químico da doença, em vários trabalhos há relatos da eficácia de fungicidas do grupo triazóis e triazóis + estrobilurinas e a resposta na produção do milho, com a crescente redução na severidade desta

doença (Juliatti et al., 2004; Costa, 2007; Brito et al., 2007; Bonaldo et al., 2008).

Outra doença foliar de grande importância no Brasil é a Mancha-Branca, cujo agente etiológico é o fungo *Phaeosphaeria maydis* (Fernandes & Oliveira, 1997), em associação com a bactéria *Pantoea ananas* (Paccola-Meirelles et al., 2001). Segundo Fernandes & Oliveira (1997), os híbridos suscetíveis à Mancha-Branca podem chegar a apresentar perdas de até 60% na produção. Fantin et al. (2006) estimaram perdas na produtividade de grãos, em média, de 536 kg ha⁻¹ (11%), em estudos comparando grupos de híbridos com níveis contrastantes de severidade.

Para o controle da Mancha-Branca, Mendes et al. (2008) relataram que a aplicação dos fungicidas do grupo químico dos triazóis + estrobilurinas resultou em aumento na produtividade de grãos, além de proporcionar a redução na área abaixo da curva de progresso da doença. Segundo Pereira et al. (2005), os fungicidas dos grupos químicos das estrobilurinas e ditiocarbatos apresentaram controle eficiente da doença. No entanto, Juliatti et al. (2004) verificaram a ineficiência dos fungicidas triazóis no controle da doença, fato que corrobora o envolvimento da etiologia bacteriana para a doença, pois estes não apresentam ação secundária contra doenças bacterianas.

Esse aumento de doenças foliares, associado a condições climáticas favoráveis e à suscetibilidade dos híbridos, proporcionaram também o aumento na incidência de podridões de grãos e espigas, que provocam o aparecimento de grãos ardidos. Nas duas últimas safras agrícolas, a incidência dessas doenças foi significativa, provocando redução na produção e perdas na qualidade do produto (Mendes, 2009). Os fungos mais frequentemente detectados e associados ao complexo grãos ardidos são *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum*, *Gibberella zeae*, *Diplodia maydis* e *Diplodia macrospora*.

Atualmente, tem sido relatada a eficácia da utilização de fungicidas no controle de grãos ardidos. Segundo Juliatti et al. (2007), a aplicação de fungicidas triazóis e estrobirulinas (Piraclostrobin + Epoxiconazole, Azoxystrobin + Ciproconazole e Azoxystrobin), quando aplicados via foliar, resultou em uma menor incidência de grãos ardidos no milho. O uso de azoxystrobina + cyproconazole, em aplicação foliar no pré-pendoamento, possibilitou reduzir a incidência de grãos ardidos em 5,12%, além de aumentar a produtividade em 12%, de diferentes híbridos cultivados sob alta severidade de doenças, com e sem aplicação de fungicidas (Brito et al., 2008).

Este trabalho foi conduzido visando avaliar os efeitos da aplicação de fungicida nas doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca do milho, na produtividade de grãos e na incidência de grãos ardidos e também estabelecer a relação existente entre a produtividade de grãos e a severidade dessas doenças.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização das áreas experimentais

Os experimentos foram conduzidos, em três locais, na safra agrícola 2007/2008, sendo na área experimental do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, na fazenda experimental da Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP /UEMG), localizada no município de Passos, MG, e na área experimental do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Patos de Minas, MG (Tabela 1).

TABELA 1 Locais de condução dos experimentos com respectivas altitudes, latitudes, longitude e clima.

Local	Altitude	Latitude	Longitude	Clima*
Lavras	921 m	21°14'30" S	45°00'10" W	Mesotérmico
Passos	739 m	20°43'01" S	46°36'39" W	Mesotérmico
Patos de Minas	815 m	18°34'44" S	46°31'04" W	Mesotérmico

*Segundo a classificação de Köppen

Para todos os locais, a condução dos experimentos deu-se em período de ocorrência de temperaturas, intensidade e distribuição de chuvas favoráveis ao cultivo do milho e ao progresso das doenças (Figura 1). A instalação dos experimentos nos três locais foi no sistema de plantio convencional, com arações e gradagens, em áreas onde se pratica a sucessão de culturas, com o plantio de milho após milho, resultando em grande fonte de inóculo de agentes etiológicos necrotróficos de doenças foliares e grãos ardidos.

4.2 Tratamentos avaliados e delineamento experimental

Foram utilizados 12 híbridos simples com diferentes características provenientes de diferentes empresas sementeiras do Brasil (Tabela 2). Os híbridos foram selecionados de acordo com informações das empresas detentoras dos híbridos relativo ao nível de resistência à Mancha-Branca e Cercosporiose e utilização dos agricultores nos locais de condução dos experimentos.

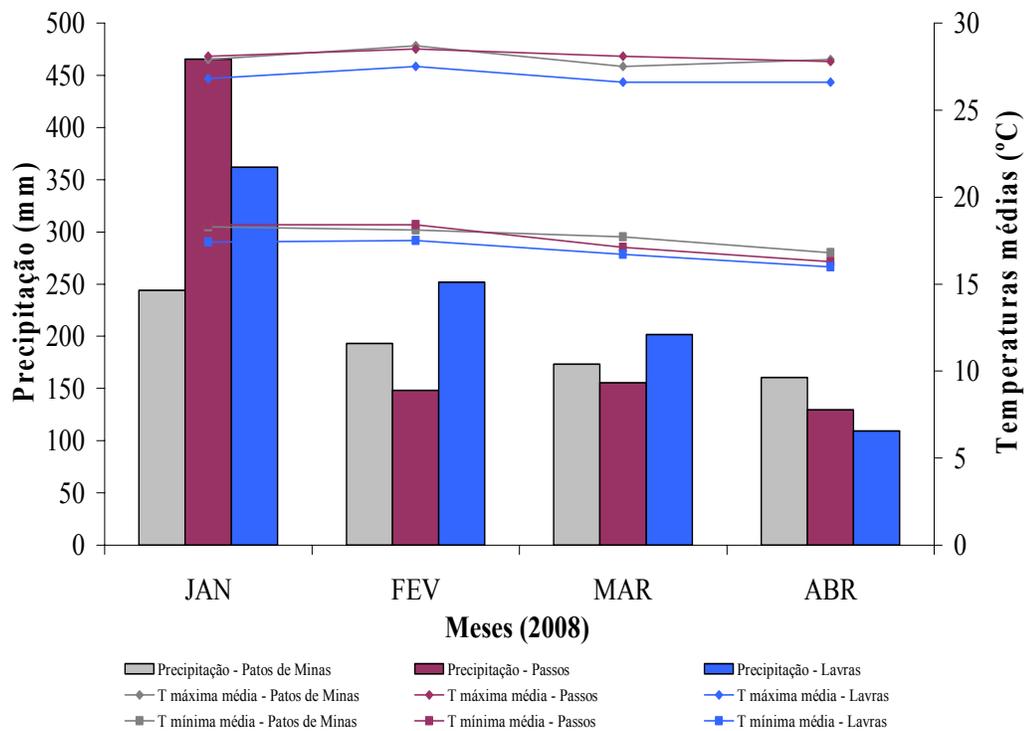


FIGURA 1 Dados médios de temperatura máxima e mínima e precipitação pluviométrica mensal, em Patos de Minas, MG; Passos, MG e Lavras, MG, no período de 01/01/2008 a 30/04/2008. Dados obtidos no Setor de Bioclimatologia da UFLA e INMET.

O delineamento foi em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, sendo as duas fileiras centrais consideradas como úteis. O espaçamento entre fileiras foi de 0,8 m e a densidade de 5 plantas por metro linear, após o desbaste.

TABELA 2 Características dos híbridos utilizados nos experimentos.

Híbridos	Ciclo	Tipo de grão	Mancha-Branca*	Cercosporiose*	Podridão de grãos*
DKB 390	Precoce	Semiduro	R	R	S
DKB 177	Precoce	Semiduro	R	R	MR
AG 7010	Precoce	Semiduro	R	R	MR
AG 7088	Semiprecoce	Semiduro	R	R	MR
AG 8088	Precoce	Duro	R	MR	S
IMPACTO	Precoce	Duro	MR	MR	R
2B707	Precoce	Semiduro	MR	MR	R
2B587	Precoce	Semidentado	MR	MR	R
P30F53	Precoce	Semiduro	MS	MS	S
P30F44	Precoce	Semiduro	S	S	R
P30K64	Semiprecoce	Semiduro	S	MS	MS
AG 8021	Precoce	Semidentado	MR	S	S

*Resistência às doenças Mancha-Branca (*Pantoea ananas/Phaeosphaeria maydis*), Cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*) e podridão de grãos, sendo S = suscetível, MR = moderadamente resistente, MS = moderadamente suscetível e R= resistente, de acordo com informações das empresas produtoras de sementes.

Foram instalados dois experimentos em cada local, sendo a semeadura realizada na primeira quinzena de dezembro para todos os locais. Em um dos experimentos, em cada local, as doenças foram controladas com a utilização de fungicida e o outro foi conduzido sem controle de doenças. Na semeadura, foram utilizados 450 kg ha⁻¹ da fórmula 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O). Em cobertura, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 30 (N): 00 (P₂O₅): 20 (K₂O), no estágio de 4-5 folhas totalmente expandidas. Foram utilizados os mesmos tratamentos culturais para ambos os experimentos, nos três locais, com exceção da

aplicação de fungicida. Nos experimentos em que foi feito o controle das doenças, foram utilizados os fungicidas Azoxystrobina + Cyproconazole, na dosagem de $0,30 \text{ l ha}^{-1} + 0,5\%$ do óleo mineral, em duas aplicações, sendo uma no estágio de dez folhas totalmente expandidas e a outra no pré-pendoamento.

4.3 Avaliação das doenças

O início do progresso das doenças ocorreu por infecção natural. Para aumentar o potencial de inóculo das doenças em torno das áreas experimentais, foram colocadas linhas de bordadura com um híbrido suscetível à essas doenças (AG 9020).

Avaliou-se, de forma isolada, a severidade da Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*) e da Mancha-Branca (*Pantoea ananas/Phaeosphaeria maydis*). Para isso, foram utilizados os dados de severidade na parcela (notas), considerando a parcela como um todo, obtidos com o auxílio da escala diagramática apresentada por Pinho et al. (2001). As notas de severidade de cada doença nesta escala variam de 1 a 9 de acordo com a % de área foliar afetada, em que: 1 (0%), 2 (1%), 3 (>1% e $\leq 10\%$), 4 (>10% e $\leq 20\%$), 5 (>20% e $\leq 30\%$), 6 (>30% e $\leq 40\%$), 7 (>40% e $\leq 60\%$), 8 (>60% e $\leq 80\%$) e 9 (>80%), sendo 1 altamente resistente, 2 e 3 resistentes, 4 medianamente resistente, 5 e 6 medianamente suscetível, 7 e 8 suscetível e 9 altamente suscetível. Foram realizadas cinco avaliações, em intervalos de sete dias, a partir de oitenta dias após a emergência das plantas. Esses dados foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Shanner & Finney (1977).

4.4 Características agronômicas avaliadas

4.4.1 Produtividade de grãos

Para a determinação da produção de grãos por hectare, foi realizada a colheita manual das espigas das duas fileiras centrais da parcela. As espigas foram debulhadas, os grãos pesados e determinado o teor de água. Os dados de produtividade de grãos foram corrigidos para um teor de 13% de umidade e expressos em kg ha⁻¹.

4.4.2 Determinação de grãos ardidos

A incidência (porcentagem) de grãos ardidos foi determinada conforme procedimento proposto na Portaria nº11 do Ministério da Agricultura, de 12/04/96 (Brasil, 1996). O método consiste na separação visual e na determinação da porcentagem de grãos com sintomas de descoloração em mais de um quarto da sua superfície total, a partir de uma amostra de 250 g de grãos por parcela.

Com relação às avaliações de grãos ardidos, é importante ressaltar que, em todos os experimentos, e em todos os locais, as espigas foram colhidas quando o teor de água dos grãos se encontrava entre 18% e 22%. Isso foi feito com o objetivo de minimizar os efeitos do teor de água dos grãos na incidência de grãos ardidos, permitindo uma comparação entre os dados obtidos.

4.5 Análise dos dados

Os dados de todas as variáveis foram submetidos, inicialmente, à análise de variância individual em cada experimento e em cada local separadamente. A princípio, foram realizados os testes de aditividade dos efeitos do modelo e a normalidade dos erros. Não havendo nenhuma restrição a essas pressuposições, foram realizadas as análises de variâncias individuais. De posse dos resultados

dessas análises, também foi verificada a pressuposição de homogeneidade de variâncias pelo teste de Hartley, citado por Pimentel Gomes (1990), o qual se baseia na divisão do maior quadrado médio do resíduo pelo menor quadrado médio do resíduo das análises individuais. Sendo o valor resultante inferior a sete, infere-se homogeneidade de variâncias, o que possibilitou a análise conjunta dos experimentos. Assim, os dados de cada variável, obtidos em cada experimento e em cada local, foram submetidos a uma análise de variância conjunta, envolvendo todos os experimentos conduzidos nos três locais.

Foi estimado o coeficiente de regressão linear (b_1) entre severidade de doença (média das notas), variável independente (x), com a produtividade de grãos, variável dependente (y), por doença e em cada época de avaliação e local (Stell & Torrie, 1980). Também foram obtidas as estimativas das correlações parciais, considerando como variável independente (x) a AACPD e como variável dependente (y), a produtividade de grãos, utilizando-se as expressões apresentadas por Cruz et al. (2004).

As análises foram feitas nos programas Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 1993) e Sisvar (Ferreira, 2000). As médias dos híbridos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos experimentos sem aplicação de fungicidas, a severidade das doenças foliares Cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*) e Mancha-Branca (*Pantoea ananas/Phaeosphaeria maydis*), nos três locais de avaliação, foi suficiente para reduzir a produtividade de grãos (Tabela 3). Ressalta-se que, em todos os experimentos sem aplicação de fungicida, apesar de terem ocorrido outras doenças, como, por exemplo, a mancha-de-diplodia (*Stenocarpella*

macrospora), em Lavras e em Patos de Minas e ferrugem (*Puccinia polysora*), em Passos, a severidade delas foi baixa, em todos os locais.

Em relação à severidade das doenças ocorridas no experimento com aplicação de fungicida, em todos os locais, estes valores foram baixos, com notas sempre iguais ou inferiores a 3, ou seja, sempre menor que 10% de área foliar lesionada. Isso mostra a eficiência do fungicida utilizado para controlar as doenças, permitindo inferir que, nas parcelas com controle químico das doenças, os híbridos puderam expressar melhor seu potencial genético para a produção de grãos. Brito et al. (2007) também verificaram que, nas parcelas com controle químico, a severidade da Cercosporiose foi sempre inferior a 0,5%.

Pela análise conjunta envolvendo os três locais e os dois experimentos com e sem aplicação de fungicida, a produtividade de grãos foi influenciada ($p \leq 0,01$) pelo efeito de híbridos, fungicida, locais e interações híbridos x fungicida e híbridos x locais. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi considerada boa, com CV igual a 8,32%.

Houve variação significativa na produtividade de grãos dos híbridos e o desempenho deles não foi coincidente nos diferentes experimentos e locais. No experimento com fungicida, os híbridos apresentaram desempenho semelhante, com exceção dos híbridos 2B587 e 2B707, superiores aos demais (Tabela 3). Para o experimento sem fungicida, novamente, os híbridos 2B587 e 2B707 e o híbrido DKB177 foram superiores aos demais.

Entre os experimentos com e sem fungicida, como era esperado, os híbridos nos experimentos sem controle das doenças apresentaram produtividades de grãos inferiores, quando comparados ao desempenho deles nos experimentos com controle, com exceção dos híbridos mais resistentes às doenças (AG7010 e AG7088), com comportamento semelhante (Tabela 3). Em média, essa diferença foi de $1,21 \text{ t ha}^{-1}$, ou seja, 12,3%. Isso mostra a eficiência do fungicida utilizado para o controle das doenças foliares, além do efeito das

mesmas na redução da produtividade de grãos. O efeito da aplicação de fungicidas na produtividade de grãos de milho já foi descrita por vários autores (Juliatti et al., 2004; Costa, 2007; Brito et al., 2007; Bonaldo et al., 2008).

TABELA 3 Resultados médios de produtividade de grãos – PG ($t\ ha^{-1}$) e grãos ardidos - GA (%) dos híbridos de milho avaliados em experimentos com e sem aplicação de fungicida, considerando os três locais de condução dos experimentos (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG).

HÍBRIDO	PG ($t\ ha^{-1}$)		GA(%)	
	COM	SEM	COM	SEM
2B587	10,42 bB	9,61 dA	3,26 bA	5,43 cB
2B707	10,97 bB	9,89 dA	2,78 aA	3,13 aA
30F44	9,06 aB	7,42 aA	2,09 aA	3,53 aB
30F53	9,59 aB	7,62 aA	4,17 cA	7,38 eB
30K64	9,84 aB	8,39 bA	2,50 aA	5,05 cB
AG 7010	9,40 aA	8,86 cA	5,69 dA	9,48 fB
AG 7088	9,61 aA	9,11 cA	4,17 dA	6,08 dB
AG 8021	9,55 aB	7,41 aA	2,12 aA	3,76 aB
AG 8088	9,93 aB	8,38 bA	3,59 bA	10,51 gB
DKB 177	9,93 aB	9,47 dA	2,70 aA	4,08 bB
DKB 390	10,03 aB	8,95 cA	5,24 dA	9,34 fB
IMPACTO	9,79 aB	8,77 cA	2,40 aA	4,36 bB
MÉDIA	9,87 B	8,66 A	3,39 A	6,01 B
CV(%)	8,32		17,60	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$); médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha diferem entre si, pelo teste de F ($P \leq 0,01$)

Com relação aos locais de condução dos experimentos, houve uma variação na produtividade de grãos entre os híbridos, ou seja, o desempenho deles não foi coincidente nos três locais (Tabela 4). Os experimentos conduzidos em Lavras, independente do controle das doenças, apresentaram produtividades de grãos superiores às obtidas nos outros locais. A produtividade média,

considerando os três locais, foi de 9,25 t ha⁻¹, com valores de 10,36 t ha⁻¹, em Lavras; 9,04 t ha⁻¹, em Passos e 8,35 t ha⁻¹, em Patos de Minas.

TABELA 4 Resultados médios de produtividade de grãos - PG (t ha⁻¹) e grãos ardidos - GA (%) de híbridos de milho avaliados em três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG), considerando os experimentos com e sem aplicação de fungicida.

HÍBRIDO	PG (t ha ⁻¹)			GA(%)		
	Lavras	Passos	Patos	Lavras	Passos	Patos
2B587	11,06 cB	9,62 cA	9,36 cA	3,97 bB	1,60 aA	7,47 cC
2B707	12,19 dC	10,13 cB	8,97 cA	2,57 aA	1,81 aA	4,48 bB
30F44	8,90 aB	7,50 aA	8,31 cB	2,60 aA	1,86 aA	3,98 aB
30F53	10,19 bB	7,82 aA	7,82 bA	6,91 cB	3,43 bA	6,99 cB
30K64	9,80 bB	8,80 bA	8,74 cA	3,53 aA	3,26 bA	4,55 bB
AG 7010	9,76 bB	9,24 bB	8,39 cA	4,81 bA	5,13 cA	12,81 fB
AG 7088	10,94 cC	9,14 bB	8,01 bA	3,09 aA	3,46 bA	8,83 dB
AG 8021	10,09 cC	8,52 aB	6,83 aA	3,45 aB	1,71 aA	3,65 aB
AG 8088	9,82 bB	9,09 bA	8,55 cA	7,46 cB	4,19 cA	9,50 dC
DKB 177	10,79 cB	9,15 bA	9,17 cA	3,37 aB	1,96 aA	4,86 bC
DKB 390	10,52 cC	9,58 cB	8,37 cA	6,49 cB	4,93 cA	10,46 eC
Impacto	10,21 bB	9,95 cB	7,69 bA	2,84 aB	1,75 aA	5,55 bC
MÉDIA	10,36 C	9,04 B	8,35 A	4,26 B	2,92 A	6,93 C
CV(%)	8,32			17,60		

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

Um dos fatores que explicam a maior produtividade de grãos em Lavras está relacionado à menor severidade da Cercosporiose, a qual reduz a produtividade de grãos. Brito et al. (2007) quantificaram os danos causados pela

Cercosporiose na região Sul de Minas Gerais e observaram valores que variaram de 16% a 27%, para híbridos suscetíveis à doença. Os mesmos autores concluíram que o nível de dano causado pela Cercosporiose no milho varia entre as épocas de semeadura e entre os híbridos avaliados com diferentes níveis de resistência, sendo, em média, de 13,3%.

Verificou-se, pela análise conjunta, para os dados de grãos ardidos, envolvendo os três locais e os dois experimentos, com e sem aplicação de fungicida, que ocorreram diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para todas as fontes de variação. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi considerada boa, com CV igual a 17,6%.

Nos experimentos com utilização de fungicida, os híbridos não apresentaram desempenho semelhante, tendo os híbridos AG7010, AG7088 e DKB390 obtido maiores porcentagens de grãos ardidos (Tabela 3). Em média, os híbridos apresentaram baixa incidência de grãos ardidos, com valor de 3,39%. No experimento sem aplicação de fungicida, o híbrido que apresentou a maior incidência de grãos ardidos foi o AG8088 (10,51%), tendo sido os híbridos 2B707 (3,13%), 30F44 (3,53%) e AG8021 (3,76%) os que mostraram maior tolerância.

Pela comparação dos dados obtidos nos experimentos com e sem fungicida, verifica-se que os híbridos nos experimentos sem controle das doenças apresentaram maior incidência de grãos ardidos, com exceção do híbrido 2B707, que mostrou comportamento semelhante nas duas situações (Tabela 3). Em média, houve redução de 2,6% na incidência de grãos ardidos, quando realizada a aplicação do fungicida. Isso evidencia que o uso de fungicida na cultura do milho possibilita redução na incidência de grãos ardidos. Esses resultados corroboram com os obtidos por Juliatti et al. (2007), segundo os quais a aplicação de fungicidas triazóis e estrobirulinas (Piraclostrobin + Epoxiconazole, azoxystrobin + cyproconazole e Azoxystrobin), por via foliar,

resultou em uma menor incidência de grãos ardidos no milho. O uso do fungicida Priori Xtra (azoxystrobin + cyproconazole) também foi relatado por Brito et al. (2008), que avaliaram diferentes híbridos cultivados em condições de alta pressão de doenças, com e sem aplicação do fungicida. O autor concluiu que a aplicação do fungicida via foliar possibilitou a redução da incidência de grãos ardidos em 5,12%, além de um aumento na produtividade líquida em 12,4%.

Considerando os três locais, verificou-se que os experimentos conduzidos em Patos de Minas apresentaram maior incidência de grãos ardidos (6,93%), seguido dos de Lavras (4,26%) e dos de Passos (2,92%). A maior incidência de grãos ardidos em Patos de Minas pode estar relacionada as maiores precipitações ocorridas no final de desenvolvimento da cultura neste local (Figura 1), favorecendo o aumento na podridão de espigas.

As estimativas dos coeficientes de regressão linear (b_1) entre a severidade de doença (média das notas), com a produtividade de grãos nas diferentes épocas de avaliação e locais, são apresentadas na Tabela 5.

Considerando a Cercosporiose, os danos, em termos de produtividade de grãos (t/ha), foram tanto maiores quanto mais precocemente ocorreu a avaliação, independentemente do local considerado. Observa-se que, com 80 dias, cada acréscimo de uma unidade na nota de severidade da doença acarretou uma redução de até 1,08 t ha⁻¹ e 1,11 t ha⁻¹, em Lavras e em Passos, respectivamente. Constata-se, contudo, que, nessa primeira avaliação, as notas atribuídas ao patógeno ainda eram muito baixas. Entretanto, mesmo com essa pequena amplitude de variação, foram detectados efeitos expressivos na redução da produtividade. Isso ocorreu porque quanto mais precocemente a planta é infectada, maior o dano causado.

TABELA 5 Coeficientes de regressão linear (b_1) envolvendo a produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) com a severidade média da Cercosporiose (CE) e da Mancha-Branca (MB), em cinco épocas de avaliação, realizadas em três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG).

	ÉPOCAS DE AVALIAÇÃO									
	80 dias		87 dias		94 dias		101 dias		108 dias	
	CE	MB	CE	MB	CE	MB	CE	MB	CE	MB
Lavras	-1,08	-0,60	-0,53	-0,36	-0,45	-0,36	-0,32	-0,26	-0,25	-0,15
V.E.*	1-3	1-3	1-3	1-4	1-4	1-6	1-5	1-6	1-7	1-9
Passos	-1,11	-1,75	-0,85	-1,86	-0,73	-1,44	-0,60	-0,78	-0,52	-0,69
V.E.	1-4	1-3	1-4	1-3	1-6	1-3	1-7	1-4	1-8	1-5
Patos de Minas	-0,38	-0,45	-0,26	-0,31	-0,22	-0,23	-0,17	-0,20	-0,18	-0,14
V.E.	1-4	1-5	1-6	1-6	1-7	1-7	1-8	1-7	1-8	1-7

*V.E. – Valores extremos (nota mínima observada – nota máxima observada) para a severidade da doença.

Esses resultados permitem inferir que, no caso da Cercosporiose, o material genético será tanto mais afetado quanto mais precoce ele manifestar o sintoma da doença. Depreende-se, então, que as avaliações dessa doença devem ser iniciadas precocemente, tão logo comecem a se manifestar os sintomas. Nesse caso, as avaliações certamente seriam facilitadas, pois seriam mais precisas e com reflexo direto na produtividade. A avaliação dessa doença deve ser realizada também em outras épocas, para que se possa estimar a taxa de

progresso da doença e, assim, confirmar ou não a inferência a respeito da resistência precoce conferida aos híbridos. Brito et al. (2008) concluíram que a avaliação da Cercosporiose entre os 90 e 110 dias após a emergência das plantas é eficiente para discriminar o nível de resistência dos híbridos, além de fornecer resultados semelhantes àqueles obtidos com a AACPD.

Para a Mancha-Branca, também foi constatado que quanto mais precoce a incidência, maior é o dano considerando a produtividade de grãos. Observa-se que, com 80 dias, a estimativa de b_1 foi de -0,60, -1,75 e -0,45, para Lavras, Passos e Patos de Minas, respectivamente. Isso indica uma redução, em média, de 0,6 t ha⁻¹, em Lavras; 1,75 t ha⁻¹, em Passos e 0,45 t ha⁻¹, em Patos, por acréscimo de uma unidade na nota de severidade da doença. É preciso salientar que, na região de Passos, não ocorreu uma consistência nas estimativas de b_1 , como as observadas para a Cercosporiose, pois, como já mencionado, a severidade dessa doença foi menor, comparada aos outros dois locais.

As estimativas das correlações parciais permitem inferir sobre o dano provocado por um dos patógenos, desconsiderando a ocorrência do outro. Portanto, nesse experimento, elas foram úteis, pois, no campo, não foi possível conduzir experimentos em que ocorresse apenas uma das doenças. Na Tabela 6 são apresentadas as estimativas das correlações parciais entre a AACPD e a produtividade de grãos para cada local. Constata-se que as correlações envolvendo a Cercosporiose e, desconsiderando o efeito de Mancha-Branca, apresentaram estimativas maiores, exceto em Lavras, onde a incidência de Cercosporiose, como já mencionado, foi menor. Constataram-se valores significativos e negativos para as correlações entre a produtividade de grãos e a AACPD da Cercosporiose, para Passos e Patos de Minas, o que indica que quanto maior a severidade da doença, menor será a produtividade. Já em Lavras, não se observou correlação significativa entre a produtividade de grãos e AACPD, para ambas as doenças.

TABELA 6 Coeficientes de correlação parcial (r) da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) com a produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$), considerando o efeito da Cercosporiose, desconsiderando a Mancha-Branca e vice-versa, em três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG).

	AACPD	
	Cercosporiose (média) ¹	Mancha-Branca (média)
Lavras	-0,39 (203,29)	-0,41 (568,41)
Passos	-0,82** (498,83)	-0,37 (74,33)
Patos de Minas	-0,54** (662,18)	-0,46** (591,98)

¹Média referente à área abaixo da curva de progresso da doença.

** Significativo, a 1% de probabilidade ($H_0: r=0$).

6 CONCLUSÕES

a) A aplicação de fungicida é eficiente no controle de doenças foliares e proporciona a obtenção de maiores produtividades de grãos, em média, 12% superior do que quando não se utilizou fungicida.

b) O uso de fungicida em aplicação foliar possibilita a redução da incidência de grãos ardidos.

c) As doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca reduzem a produtividade de grãos de milho e essa redução é maior quando as doenças ocorrem mais precocemente.

d) A Cercosporiose provoca maior redução na produtividade de grãos, quando comparada com a Mancha-Branca.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONALDO, S. M.; RIEDO, I. C.; BERNARDES, E. H.; RICCI, E.; PORTES, A.; SIMÃO, R. S.; KOMATSU, R. A. Avaliação da aplicação de fungicida em milho, em diferentes estádios fenológicos para o controle da Cercosporiose. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2008. CD ROM.

BRANDÃO, A. M. **Manejo da Cercosporiose (*Cercospora zae-maydis* Tehon e Daniels) e da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw.) pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação.** 2002. 169f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

BRASIL. Portaria nº 11, de 12 de abril de 1996. **Estabelece critérios complementares para classificação do milho.** Diário Oficial da União, Brasília, n. 72, 12 abr. 1996.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; SOUZA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da Cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 19-31, 2008.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; POZZA, E. A.; PEREIRA, J. L. A. R.; FARIA FILHO, E. M. Efeito da Cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, dez. 2007.

COSTA, F. M. **Análise da curva de progresso temporal de doenças foliares na cultura do milho *Zea mays* L., sob a aplicação da mistura de fungicidas triazóis e estrobirulinas.** 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, MG: UFV, 2004. 480p.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; CRUZ, F. A.; DUDIENAS, C.; CASTRO, J. L.; PEREIRA, J. O. F.; GALLO, P. B.; BORTOLETO, N.; RAMOS, V. J.; RIBEIRO, J. L. Efeito da mancha de phaeosphaeria sobre a produtividade de milho safrinha no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. CD ROM.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1997. 80p. (Circular Técnica, 26).

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância, Versão 3.04, Lavras/DEX, 2000.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Monitoramento das estações automáticas**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

JULIATTI, F. C.; APPELT, C. C. N. S.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; HAMAWAKI, O. T.; MELO, B. Controle da feosféria, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 45-54, 2004.

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, 2007.

MENDES, M. C. **Micotoxinas, aspectos químicos e bioquímicos relacionados a grãos ardidos em híbridos de milho**. 2009. 106p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. von; BRITO, A. H.; SOUZA FILHO, A. X.; LOPES, T. I. C. Avaliação da eficiência de fungicidas no controle de Mancha-Branca (*Phaeosphaeria maydis*) na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2008. CD ROM.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; FERREIRA, A. S.; MEIRELLES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. R. Detection of a bacterium associated with a leaf spot disease of maize in Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 149, n. 5, p. 275-279, May 2001.

PEREIRA, A. O. P.; CAMARGO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho (*Zea mays*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed) **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. Piracicaba: Ceres, 2005. v. 2, cap. 55, p. 477-488.

PINHO, R. G. von; RAMALHO, M. A. P.; RESENDE, I. C.; SILVA, H. P.; POZAR, G. Reação de híbridos comerciais de milho às ferrugens polissora e tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 439-445, mar. 2001.

POZAR, G.; BUTRUILLE, D.; DINIZ, H. S.; VIGLIONI, J. P. Mapping and validation of quantitative trait loci for resistance to cercospora infection in tropical maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 553-564, Feb. 2009.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System**. Cary, 1993. 18 v.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 70, n. 11, p. 1183-1186, Nov. 1977.

SOUZA, P. P. **Evolução da cercosporiose e da mancha-branca do milho e quantificação de perdas, em diferentes genótipos com controle químico**. 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

STELL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633p.

CAPITULO 4

REAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO E COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA CERCOSPORIOSE E MANCHA-BRANCA*

1 RESUMO

Com o objetivo de avaliar o nível de resistência de híbridos comerciais de milho às doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca e comparar a eficiência das estimativas da área abaixo da curva de progresso das doenças e da estabilidade fenotípica, na avaliação da resistência a esses patógenos foram conduzidos três experimentos, no ano agrícola de 2007/2008, em três locais, na região sudeste do Brasil. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições, no qual foram avaliados 12 híbridos comerciais de milho. Foram realizadas cinco avaliações da severidade das doenças Cercosporiose e Mancha-Branca, em intervalos de sete dias, a partir dos 80 dias após a emergência, visualmente, por meio de escala de notas variando de 1 (altamente resistente) a 9 (altamente suscetível). Estimou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e também os parâmetros de estabilidade fenotípica, isto é, o coeficiente de regressão linear (b_i) entre a variável independente época de avaliação (x) e a variável dependente severidade da doença (y) e o coeficiente de determinação (R^2), segundo a metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966). Observou-se que, no caso das doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca, ambas as metodologias utilizadas mostraram-se eficientes na discriminação do nível de resistência dos híbridos, permitindo a classificação de modo semelhante. Os híbridos mais resistentes às doenças foliares (Cercosporiose e Mancha-Branca) são o AG7088, AG7010 e 2B707 e os mais suscetíveis o P30F44, 30F53 e AG8021. Os híbridos 30K64, DKB177, DKB390 e Impacto variam seu comportamento em função dos locais, isto é, a relação patógeno-hospedeiro é distinta entre os locais.

* Esse trabalho será submetido à revista Bragantia para publicação

2 ABSTRACT

With the objective of evaluating the resistance level of commercial corn hybrids and comparing the efficiency of the estimates of the area under the disease progress curve (AUDPC) and that of the phenotypical stability parameters in the evaluation of resistance of these pathogens, three experiments were carried out in the agricultural year of 2007/2008 in three environments in the south-eastern region of Brazil. Twelve commercial maize hybrids were used, in a randomized block experimental design with three replications. Five evaluations of disease severity (maize white spot and maize gray leaf spot) based on visual symptoms were performed at seven-day intervals from the 80th day after maize emergence, ranging from 1 (highly resistant) to 9 (highly susceptible). The area under the disease progress curve (AUDPC) was estimated and also the phenotypical stability parameters, i.e., the linear regression coefficient (b_i) between the independent variable evaluation time (x), and the dependent variable, disease severity (y) and the determination coefficient (R^2), according to Eberhart and Russel's methodology (1966). It was found that in the case of maize white spot and maize gray leaf spot, both methodologies used proved to be effective in the discrimination of the resistance level of the hybrids, enabling ranking them in a similar way. The most resistant hybrids to maize white spot and maize gray leaf spot were AG7088, AG 7010 and 2B707 and the most susceptible were P30F44, 30F53 and AG8021. The 30K64, DKB177, DKB390 and Impacto hybrids vary their resistance, i.e., the pathogen-host relationship is also different between environments.

3 INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil tem ampla abrangência geográfica, ocupando as mais diversas condições edafoclimáticas, sendo comum a ocorrência de elevado número de doenças. Assim, dezenas de doenças já foram identificadas na cultura de milho no Brasil, causando perdas significativas (Pojar et al., 2009). Estas perdas, associadas principalmente às doenças foliares, têm causado ampla discussão sobre estratégias de manejo que visem o desenvolvimento de um programa, para controlar as doenças de forma sustentável.

A partir do ano 2000, a Cercosporiose do milho, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora zea-maydis*, de ocorrência endêmica na forma de pequenas e esparsas lesões foliares, começou a assumir proporções epidêmicas em várias regiões do país (Juliatti et al., 2004). Essa doença foi responsável pela descontinuidade de vários híbridos comerciais suscetíveis de alto potencial produtivo, que chegaram a atingir níveis de redução de produtividade de grãos de até 40% (Brandão, 2002; Souza, 2005; Brito et al., 2007). Hoje, a incorporação de resistência genética a *Cercospora zea-maydis* está entre os principais objetivos dos programas de desenvolvimento de híbridos para as regiões onde essa doença é prevalente.

Outra doença foliar, de grande importância no Brasil, é a Mancha-Branca, causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis* (Fernandes & Oliveira, 1997), em associação com a bactéria *Pantoea ananas* (Paccola-Meirelles et al., 2001). Segundo Fernandes & Oliveira (1997), os híbridos suscetíveis à Mancha-Branca podem chegar a apresentar perdas em torno de 60% na produção. Fantin et al. (2006) estimaram perdas na produtividade de grãos, em média, de 536 kg ha⁻¹ (11%), em estudos comparando grupos de híbridos com níveis contrastantes de severidade.

Sabe-se que a utilização de híbridos resistentes a esses patógenos é o método mais eficiente, racional e econômico para evitar ou diminuir os danos causados por estes patógenos. Como os programas de melhoramento de milho são muito dinâmicos, produzindo um grande número de novos híbridos anualmente, é necessário avaliar o comportamento desses materiais em relação a essas doenças, não só para direcionar futuros trabalhos de melhoramento visando à obtenção de híbridos resistentes, como para verificar o comportamento desses patógenos frente a diferentes ambientes.

Na obtenção de híbridos resistentes, considerando as doenças já citadas, existem alguns problemas que deverão ser superados. Entre estes, está a identificação de uma metodologia de avaliação que seja comparável e eficiente, porém, de fácil aplicação, haja visto que alguns milhares de genótipos deverão ser avaliados (Pinho et al., 2001).

A resistência horizontal tem sido mais eficiente no controle das principais doenças foliares do milho, por atuar na maioria dos indivíduos da população (Pinho et al., 2001). Entre as maneiras de se identificar materiais com resistência horizontal, está a avaliação da área abaixo da curva de progresso da doença (Shanner & Finney, 1977). Outra forma de se identificar materiais com resistência horizontal é pela utilização de equações de regressão linear que permitem obter informações sobre a taxa de progresso da doença durante o desenvolvimento da cultura. Neste caso, metodologias para a quantificação da estabilidade fenotípica, comumente empregadas para a avaliação de outras características agronômicas, podem ser utilizadas com sucesso (Pereira et al., 1996; Pinho et al., 2001).

Considerando a importância das informações sobre o nível de resistência dos principais híbridos disponíveis na região sudeste à Cercosporiose e à Mancha-Branca, e o progresso e comportamento destas doenças frente a diferentes ambientes, foi realizada esta pesquisa. O objetivo foi avaliar o nível

de resistência de híbridos e comparar a eficiência das estimativas da área abaixo da curva de progresso das doenças e da estabilidade fenotípica, na avaliação de híbridos às doenças foliares Cercosporiose e Mancha-Branca.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização das áreas experimentais

Os experimentos foram conduzidos em três locais, na safra agrícola 2007/2008, na área experimental do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG; na fazenda experimental da Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP/UEMG), localizada em Passos, MG e na área experimental do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em Patos de Minas, MG (Tabela 1).

TABELA 1 Locais de condução dos experimentos com respectivas altitudes, latitudes, longitude e clima.

Local	Altitude	Latitude	Longitude	Clima*
Lavras	921 m	21°14'30" S	45°00'10" W	Mesotérmico
Passos	739 m	20°43'01" S	46°36'39" W	Mesotérmico
Patos de Minas	815 m	18°34'44" S	46°31'04" W	Mesotérmico

*Segundo a classificação de Köppen

Para todos os locais, a condução dos experimentos foi em período de ocorrência de temperaturas, intensidade e distribuição de chuvas favoráveis ao

cultivo do milho e ao progresso das doenças (Figura 1). A instalação dos experimentos nos três locais foi no sistema de plantio convencional, com arações e gradagens, em áreas onde se pratica a sucessão de culturas, com o plantio de milho após milho, resultando em grande fonte de inóculo de fungos causadores de doenças foliares.

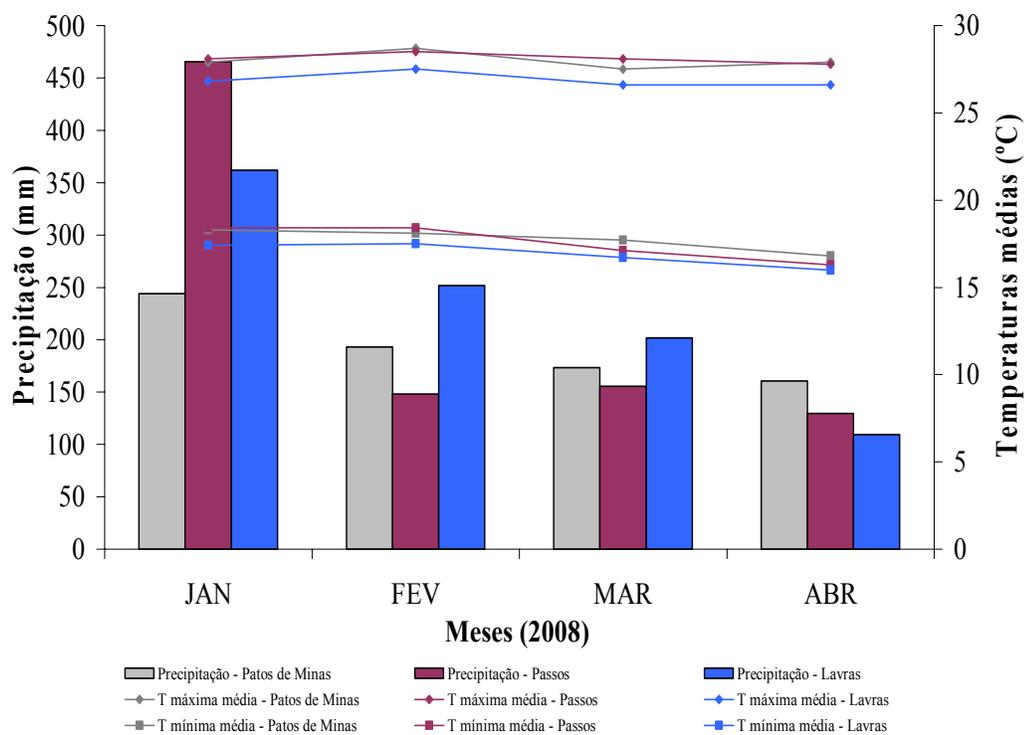


FIGURA 1 Dados médios de temperatura máxima e mínima e precipitação pluviométrica mensal, em Patos de Minas, MG; Passos, MG e Lavras, MG, no período de 01/01/2008 a 30/04/2008. Dados obtidos no Setor de Bioclimatologia da UFLA e no INMET.

4.2 Tratamentos avaliados e delineamento experimental

Foram utilizados doze híbridos simples com diferentes características provenientes de diferentes empresas sementeiras do Brasil (Tabela 2). Os híbridos foram selecionados de acordo com informações das empresas detentoras dos híbridos relativo ao nível de resistência à Mancha-Branca e Cercosporiose e utilização dos agricultores nos locais de condução dos experimentos.

TABELA 2 Características dos híbridos avaliados.

Híbridos	Ciclo	Tipo de grão	Mancha-Branca*	Cercosporiose*
DKB 390	Precoce	Semiduro	R	R
DKB 177	Precoce	Semiduro	R	R
AG 7010	Precoce	Semiduro	R	R
AG 7088	Semiprecoce	Semiduro	R	R
AG 8088	Precoce	Duro	R	MR
IMPACTO	Precoce	Duro	MR	MR
2B707	Precoce	Semiduro	MR	MR
2B587	Precoce	Semidentado	MR	MR
P30F53	Precoce	Semiduro	MS	MS
P30F44	Precoce	Semiduro	S	S
P30K64	Semiprecoce	Semiduro	S	MS
AG 8021	Precoce	Semidentado	MR	S

*Resistência às doenças Mancha-Branca (*Phaeosphaeria maydis*) e Cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*), sendo S = suscetível, MR = moderadamente resistente, MS = moderadamente suscetível e R= resistente, de acordo com informações das empresas produtoras de sementes.

O delineamento foi o de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, sendo as duas fileiras centrais consideradas como úteis. O espaçamento entre fileiras foi de 0,8 m e a densidade de cinco plantas por metro linear, após o desbaste.

Foi instalado um experimento em cada local, sendo a semeadura realizada na primeira quinzena de dezembro, para todos os locais. Na semeadura, foram utilizados 450 kg ha⁻¹ da fórmula 8 (N): 28 (P₂O₅): 16 (K₂O). Em cobertura, foram aplicados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 30 (N): 00 (P₂O₅): 20 (K₂O), no estágio de 4-5 folhas totalmente expandidas. Foram utilizados os mesmos tratos culturais para todos os experimentos, nos três locais.

4.3 Avaliação das doenças

O início do progresso das doenças ocorreu por infecção natural. Para aumentar o potencial de inóculo das doenças em torno das áreas experimentais, foram plantadas linhas de bordadura com um híbrido suscetível à essas doenças (AG 9020).

Foi avaliada, de forma isolada, a severidade da Cercosporiose (*Cercospora zeaе maydis*) e da Mancha-Branca (*Pantoea ananas/Phaeosphaeria maydis*). Para avaliar as doenças, foram utilizados os dados de severidade na parcela (notas), considerando a parcela como um todo, obtidos com o auxílio da escala diagramática apresentada por Pinho et al. (2001). As notas de severidade de cada doença nesta escala variam de 1 a 9 de acordo com a % de área foliar afetada, em que: 1 (0%), 2 (1%), 3 (>1% e ≤10%), 4 (>10% e ≤20%), 5 (>20% e ≤30%), 6 (>30% e ≤40%), 7 (>40% e ≤60%), 8 (>60% e ≤80%) e 9 (>80%), sendo 1 altamente resistente, 2 e 3 resistentes, 4 medianamente resistente, 5 e 6 medianamente suscetíveis, 7 e 8 suscetíveis e 9 altamente suscetível. Foram realizadas cinco avaliações, em intervalos de sete dias, a partir de oitenta dias após a emergência das plantas. Esses dados foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Shanner & Finney (1977).

4.3 Análise dos dados

Os dados da AACPD foram submetidos, inicialmente, à análise de variância individual para cada local. A princípio, foram realizados os testes de aditividade dos efeitos do modelo e a normalidade dos erros. Não havendo nenhuma restrição a essas pressuposições, foram realizadas as análises de variâncias individuais. De posse dos resultados dessas análises, também foi verificada a pressuposição de homogeneidade de variâncias pelo teste de Hartley, citado por Gomes (1990), o qual se baseia na divisão do maior quadrado médio do resíduo pelo menor quadrado médio do resíduo das análises individuais. Sendo o valor resultante inferior a sete, infere-se homogeneidade de variâncias, o que possibilitou a análise conjunta dos experimentos. Assim, os dados de cada variável, obtidos em cada experimento e em cada local, foram submetidos a uma análise de variância conjunta, envolvendo todos os experimentos conduzidos nos três locais.

Para as estimativas dos parâmetros de estabilidade, foi utilizada a metodologia proposta por Eberhart & Russell (1966). Para isso, as diferentes épocas de avaliação das doenças foram consideradas como ambientes diferentes e as análises foram realizadas separadamente para cada experimento. Utilizou-se o seguinte modelo de regressão:

$$Y_{ij} = m + \beta_i I_j + \delta_{ij} + e_{ij}$$

em que

Y_{ij} – severidade de doença observada para o híbrido i na época de avaliação j ;

m – média do híbrido i em todas as épocas de avaliação;

β_i – coeficiente de regressão que mede a resposta do híbrido i às variações das épocas de avaliação;

I_j – índice ambiental, obtido pela diferença entre a média da época de avaliação j e a média de todas as épocas de avaliação j ;

δ_{ij} – desvio de regressão do híbrido i na época de avaliação j ;

e_{ij} – erro experimental médio associado à média do material genético i na época de avaliação j .

Foram obtidas, também, estimativas de correlação classificatória de Spearman (Stell & Torrie, 1980), entre as estimativas da AACPD dos híbridos nos diferentes experimentos, considerando cada doença separadamente e também entre a AACPD e a severidade média de doença dos híbridos nas diferentes épocas de avaliação (notas) e o coeficiente de regressão linear (b_1) obtido na análise de estabilidade.

As análises foram feitas nos programas Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 1993) e Sisvar (Ferreira, 2000). As médias dos híbridos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância conjunta para os dados da AACPD, envolvendo os três locais e as duas doenças avaliadas, houve diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para as fontes de variação híbridos, locais e interação híbridos x locais, para ambas as doenças, ou seja, ocorreu variabilidade entre os doze híbridos para a reação às doenças. A precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação, foi de 36,97 e 48,23, para Cercosporiose e Mancha-Branca, respectivamente.

A coincidência no comportamento dos híbridos nos diferentes experimentos, avaliada pelo coeficiente de correlação de Spearman, foi alta e significativa, para todas as combinações possíveis entre os experimentos, exceto para Mancha-Branca, em uma combinação, em que o valor obtido foi baixo e

não significativo (Tabela 3). Isso pode ser explicado pela menor severidade de Mancha-Branca em alguns experimentos, o que dificultou a discriminação dos híbridos, reduzindo as estimativas das correlações obtidas.

TABELA 3 Coeficientes de correlação de Spearman entre os diferentes experimentos para a área abaixo da curva de progresso de doença, considerando 12 híbridos avaliados em três locais.

	AACPD	
	Cercosporiose	Mancha-Branca
Lavras x Patos	0,81**	0,76**
Lavras x Passos	0,94**	0,58*
Patos x Passos	0,81**	0,45 ^{ns}

* e ** Significativo, a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente ($H_0: r=0$).

Menores estimativas da correlação classificatória de Spearman seriam esperadas se as raças dos patógenos variassem entre os locais. Tomando como exemplo a Cercosporiose, no Brasil, ocorrem duas espécies de cercospora: *C. sorghi* f. sp. *maydis* e *Cercospora zae-maydis*. A *Cercospora zae-maydis*, por sua vez, é representada por dois grupos distintos (I e II) (Dunkle & Levy, 2000; Carson et al., 2002; Brunelli, 2004). O grupo II caracteriza-se por apresentar taxa de crescimento mais lenta e por não produzir cercosporina em meio de cultura, quando comparada ao grupo I (Dunkle & Levy, 2000; Brunelli, 2004).

Existe, ainda, predominância de um grupo sobre o outro, de acordo com a geografia considerada. O grupo I prevalece no Brasil, enquanto o grupo II parece ser predominante no estado de Goiás (Brunelli, 2004). A ocorrência de grupos distintos em diferentes locais pode ser um indicativo da variabilidade da resistência dos genótipos avaliados, porém, os valores significativos da correlação para Cercosporiose indicam que existe prevalência de um mesmo

grupo nos locais. Outro aspecto importante, que também sugere a especialização deste patógeno, é observar, em várias regiões do Brasil, ao longo dos anos, a redução do nível de resistência de vários híbridos comerciais, principalmente pela sucessão de cultivos, a adoção de plantio direto e o uso indiscriminado de fungicidas.

Na avaliação das doenças nos diferentes ambientes, constataram-se altas severidades médias de Cercosporiose apenas em Passos (498,83) e em Patos de Minas (662,18), enquanto em Lavras ela foi considerada baixa (203,29) (Tabela 4). A baixa severidade da doença em Lavras, provavelmente, está ligada às baixas precipitações ocorridas na época de avaliação da doença (95 DAE) (Figura 1), impedindo o seu progresso. Longos períodos de umidade relativa do ar próxima a 100%, com ausência de água livre sobre a folha, são importantes para o início da infecção (Ringer & Grybauskas, 1995).

Com relação à Mancha-Branca, constatou-se alta severidade média da doença em Lavras (568,41) e em Patos de Minas (591,99), enquanto em Passos praticamente não foi observada a doença, com média de 74,33 (Tabela 4).

A severidade das doenças registrada em todos os experimentos foi suficiente para discriminar os híbridos quanto à sua resistência (Tabela 5). Independente do local, foi observada diferença significativa entre os híbridos avaliados. Considerando os dados da AACPD em Lavras, observou-se que os híbridos mais suscetíveis à Cercosporiose foram P30F44 (736,75), P30F53 (783,52) e AG8021 (464,91), enquanto os outros apresentaram comportamento semelhante, com baixa severidade da doença. Com relação à Mancha-Branca, os híbridos mais suscetíveis foram 30F53 (1226,75) e 30K64 (1341,67), enquanto os híbridos mais resistentes foram AG7010, AG7088, Impacto, 2B707 e DKB390 (Tabela 5).

TABELA 4 Médias da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) obtidas a partir de cinco avaliações da severidade da Cercosporiose (*Cercospora zae maydis*) e Mancha-Branca (*Phaeosphaeria maydis*), utilizando escala proposta pela Agrocere, considerando três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG) e 12 híbridos avaliados.

LOCAL	DOENÇAS	
	Cercosporiose	Mancha-Branca
Lavras	203,29 a	568,41 b
Passos	498,83 b	74,33 a
Patos de Minas	662,18 c	591,99 b
MÉDIA	454,77	411,58

Médias seguidas de mesmas letras na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

Observando-se os valores de AACPD em Passos, observou-se que houve baixa severidade de Mancha-Branca, não tendo sido possível detectar diferenças significativas entre os híbridos avaliados, enquanto, para a Cercosporiose, os híbridos mais suscetíveis foram, novamente, P30F44 (1516,67), P30F53 (1307,33) e AG8021 (1353,33), corroborando os dados de Lavras, onde estes híbridos também foram os mais suscetíveis. Os híbridos mais resistentes à Cercosporiose, em Passos, foram 2B587, 2B707, AG7010, AG7088, AG8088 e Impacto, apresentado baixas severidade da doença.

TABELA 5 Médias da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) obtidas a partir de cinco avaliações da severidade da Mancha-Branca (MB) e Cercosporiose (CE), utilizando escala proposta pela Agrocere, considerando 12 híbridos avaliados em três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG).

HÍBRIDOS	LAVRAS		PASSOS		PATOS	
	MB	CE	MB	CE	MB	CE
2B587	340,67 b	6,42 a	28,67 a	42,33 a	3,50 a	228,08 a
2B707	112,00 a	37,33 a	39,33 a	64,33 a	153,41 a	344,17 a
P30F44	1551,67 d	736,75 c	135,33 a	1516,67 c	992,25 b	2076,67 c
P30F53	1226,75 c	783,42 c	103,67 a	1307,33 c	1656,67 b	1703,33 b
P30K64	1341,67 d	272,42 a	156,67 a	363,00 b	1237,25 b	169,75 a
AG 7010	0,00 a	0,00 a	63,67 a	129,67 a	0,00 a	0,58 a
AG 7088	0,00 a	0,00 a	3,33 a	14,00 a	0,00 a	0,58 a
AG 8021	1047,08 c	464,91b	47,33 a	1353,33 c	1178,92 b	1435,00 b
AG 8088	469,00 b	13,42 a	62,00 a	159,00 a	251,42 a	191,33 a
DKB 177	481,25 b	37,33 a	211,33 a	329,67 b	457,92 a	145,25 a
DKB 390	225,16 a	86,33 a	0,00 a	575,67 b	86,92 a	204,17 a
Impacto	25,67 a	1,17 a	40,67 a	131,00 a	1085,58 b	1447,25 b
MÉDIA	568,41	203,29	74,33	498,83	591,98	662,18

Médias seguidas de mesmas letras na coluna pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

Nos resultados médios da AACPD avaliados em Patos de Minas observaram-se diferenças significativas entre os híbridos, para ambas as doenças. Com relação à Mancha-Branca, os híbridos mais suscetíveis foram P30F44 (992,25), P30F53 (1656,67), P30K64 (1237,25), AG8021 (1178,92) e

Impacto (1085,58). Para os híbridos mais resistentes não foram observadas diferenças significativas, com destaque para AG7010 e AG7088.

Os híbridos P30K64, DKB177, DKB390 e Impacto variaram seu comportamento em função dos locais, isto é, apresentaram comportamento de resistência, moderada resistência e suscetibilidade, dependendo do local onde foram avaliados. O híbrido Impacto, por exemplo, apresentou boa resistência às doenças avaliadas em Lavras e em Passos, porém, demonstrou um comportamento suscetível, com valores de AACPD de 1.085,58 para Cercosporiose e de 1.447,25 para Mancha-Branca, em Patos de Minas. A relação patógeno hospedeiro é distinta entre locais, e, em regiões de produção, frequentemente observa-se significativa interação entre genótipo e ambiente, podendo haver variação na severidade da doença, devido à instabilidade dos locos de resistência na interação com o ambiente e/ou diferenças na população do patógeno entre os ambientes (Carson et al., 2002). No entanto, já foi constatado que híbridos resistentes que têm bom desempenho em uma área podem não apresentar desempenho satisfatório em outra (Dunkle & Carson, 1998). A variação de resistência dos híbridos comerciais em diferentes regiões indica que o patógeno pode apresentar raças, cujo grau de virulência varia (Brunelli, 2004).

Outra alternativa para se avaliar o nível de resistência de híbridos é por meio de parâmetros de estabilidade fenotípica, como já empregado para outros patógenos, como as ferrugens do milho causadas por *Puccinia polysora* e *Physopella zae* (Pinho et al., 2001). Para isso, é necessário proceder às análises de variância envolvendo as diferentes épocas de avaliação da severidade (notas) de ocorrência dos patógenos. Constataram-se, de modo geral, diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para as fontes de variação híbridos, épocas de avaliação e interação híbrido x épocas de avaliação, para todos os experimentos e para

ambos os patógenos. Nas Tabelas 6 e 7 são apresentadas as estimativas dos parâmetros de estabilidade pelo método de Eberhart & Russel (1966).

Para a Cercosporiose, os híbridos AG7010, AG7088, 2B587 e 2B707 podem ser considerados os mais resistentes em função das estimativas de b_0 e b_1 (Tabela 6). A pequena estimativa de b_0 obtida para esses híbridos, em todos os ambientes, indica a menor severidade da doença. Já a pequena estimativa do coeficiente de regressão linear (b_1) mostra o menor progresso da doença com o decorrer das épocas. No caso do híbrido Impacto, as estimativas de b_1 em pelo menos um local (Patos de Minas) foi acima da média, não permitindo inferir que ele seja resistente ao patógeno em todos os ambientes.

Por outro lado, como materiais mais suscetíveis estão os híbridos P30F44 e P30F53, que apresentaram maiores estimativas, em todos os ambientes, tanto de b_0 como de b_1 . Com isso, esses híbridos apresentaram as maiores severidades médias da doença e com progresso da doença acima da média obtida em cada época de avaliação.

Ocorreu associação positiva e alta entre as estimativas de b_0 e b_1 , para todos os ambientes (Tabela 6). Essa é uma situação favorável, pois se podem utilizar tanto as estimativas de b_0 como de b_1 na discriminação dos híbridos. As estimativas de b_1 possibilitam inferir sobre a taxa de progresso da doença. Assim, b_1 superior a 1,0 indica que, para aquele híbrido, o progresso da doença foi acima da média e, portanto, ele é mais suscetível.

Nos casos dos híbridos mais suscetíveis à Cercosporiose, os valores de R^2 foram os mais altos (Tabela 6). Em princípio, isso indica um melhor ajuste dos dados à equação de regressão proposta. Entretanto, para os híbridos mais resistentes, constatou-se que os valores de R^2 foram os mais baixos, indicando um pior ajuste dos dados à equação de regressão. Contudo, deve-se enfatizar que, nesses casos, como as notas foram sempre baixas, pequenas flutuações

acarretam proporcionalmente maiores desvios no modelo e, em consequência, menores valores de R^2 .

TABELA 6 Médias da severidade de *Cercospora zea-maydis* (b_0), coeficientes de regressão (b_1), coeficientes de determinação (R^2) dos híbridos avaliados em cinco épocas em três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG).

Híbridos	Lavras				Passos				Patos de Minas			
	b_0	b_1	Pr> t ^{2L}	R^2	b_0	b_1	Pr> t	R^2	b_0	b_1	Pr> t	R^2
2B587	1,40	0,75	0,25	79,17	1,60	0,47	0,01	79,04	2,40	0,88	0,58	93,86
2B707	1,40	0,75	0,25	79,17	1,80	0,79	0,29	92,84	2,80	0,76	0,26	80,63
P30F44	3,80	2,19	0,00	92,11	5,00	1,54	0,01	99,28	6,60	1,69	0,00	97,47
P30F53	4,00	2,36	0,00	94,74	5,00	1,54	0,01	99,28	5,80	1,95	0,00	97,96
P30K64	3,00	0,98	0,95	82,24	2,80	0,79	0,29	92,84	2,00	0,94	0,77	84,23
AG 7010	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
AG 7088	1,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,31	0,00	50,94	1,00	0,00	0,00	0,00
AG 8021	3,40	1,73	0,00	97,98	5,00	1,54	0,01	99,28	4,80	1,77	0,00	93,86
AG 8088	1,20	0,57	0,05	69,16	2,20	0,75	0,21	84,55	2,20	0,80	0,34	88,13
DKB 177	1,40	0,75	0,25	79,17	2,60	1,42	0,03	91,23	2,00	0,63	0,08	76,62
DKB 390	1,60	1,32	0,14	92,29	3,20	1,86	0,00	97,02	2,60	1,14	0,48	96,22
Impacto	1,20	0,57	0,05	69,16	2,00	0,94	0,78	92,47	5,00	1,39	0,05	93,29
r (b_0 x b_1)^{1L}	0,91			0,83				0,92				

^{1L} Coeficiente de correlação

^{2L} Nível de significância

As estimativas dos parâmetros de estabilidade para a Mancha-Branca são apresentadas na Tabela 7. O híbrido AG7010 mostrou ser um dos mais resistentes, como já ocorrera com o uso da AACPD. No caso do híbrido AG7088, foi detectada uma estimativa de b_1 acima da média em, pelo menos,

um local (Passos), não permitindo inferir que ele seja resistente ao patógeno em todos os ambientes. Os híbridos 30F44, 30K64, 30F53 e DKB177 mostraram maiores estimativas de b_0 em todos os locais e b_1 acima de 1,0, na maioria dos locais e, portanto, podem ser considerados os mais suscetíveis, como já ocorrera com as estimativas da AACPD.

TABELA 7 Médias da severidade de *Phaeosphaeria maydis* (b_0), coeficientes de regressão (b_1), coeficientes de determinação (R^2) dos híbridos avaliados em cinco épocas em três locais (Lavras, MG; Passos, MG e Patos de Minas, MG).

Híbridos	Lavras				Passos				Patos de Minas			
	b_0	b_1	Pr> t ^{2L}	R ²	b_0	b_1	Pr> t	R ²	b_0	b_1	Pr> t	R ²
2B587	2,80	1,12	0,22	99,44	1,60	1,71	0,10	80,36	1,20	0,33	0,03	31,15
2B707	2,00	0,50	0,00	88,09	1,60	1,04	0,91	80,03	1,80	1,01	0,97	78,88
P30F44	5,40	1,44	0,00	95,89	2,40	1,04	0,91	80,03	4,40	1,18	0,56	94,15
P30F53	4,60	1,74	0,00	99,33	2,20	0,66	0,44	48,61	5,60	1,63	0,04	80,34
P30K64	5,00	1,41	0,00	99,34	1,80	1,71	0,10	91,84	4,40	2,03	0,00	96,76
AG 7010	1,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,57	0,33	35,71	1,00	0,00	0,00	0,00
AG 7088	1,00	0,00	0,00	0,00	1,40	1,04	0,91	80,03	1,00	0,00	0,00	0,00
AG 8021	4,40	1,44	0,00	95,89	2,00	0,00	0,02	0,00	4,40	1,18	0,56	94,15
AG 8088	3,00	1,41	0,00	99,34	1,60	1,04	0,91	80,03	2,40	1,18	0,56	94,15
DKB 177	3,00	1,41	0,00	99,34	2,00	2,09	0,01	96,03	2,80	1,74	0,02	96,67
DKB 390	2,20	1,20	0,04	93,22	1,00	0,00	0,02	0,00	1,80	0,50	0,11	70,08
Impacto	1,20	0,29	0,00	74,33	1,60	1,04	0,91	80,03	4,40	1,18	0,56	94,15
r (b_0 x b_1)^{1L}			0,86			0,20				0,79		

^{1L} Coeficiente de correlação

^{2L} Nível de significância

O comportamento dos híbridos não foi coincidente nas diferentes épocas de avaliação, em função da presença da interação híbridos x época de avaliação. Isso implica na necessidade de efetuar mais de uma avaliação das doenças, o

que, de certa forma, pode complicar o trabalho dos melhoristas. Utilizando esses dados para a determinação da resistência dos materiais, as opções são as metodologias da AACPD ou as estimativas dos parâmetros de estabilidade, como empregado.

As estimativas da correlação classificatória de Spearman (Tabela 8) quanto à resistência dos híbridos, obtida pelas duas metodologias, foram positivas e significativas em todos os locais, para ambas as doenças, indicando que, em se tratando desses patógenos, houve coincidência na avaliação do progresso das doenças pelas duas metodologias. No caso de ferrugem do milho cujo agente etiológico é o fungo *Puccinia polysora*, Pinho et al. (2001) observaram que tanto a área abaixo da curva de progresso da doença quanto os parâmetros da estabilidade fenotípica mostraram-se eficientes na discriminação do nível de resistência dos híbridos, permitindo a classificação de modo semelhante.

O conhecimento da eficiência das metodologias de avaliação, da área abaixo da curva de progresso da doença e dos parâmetros da estabilidade fenotípica é de extrema importância, visto que alguns milhares de híbridos e/ou linhagens deverão ser avaliados para a obtenção de materiais resistentes às doenças já citadas.

TABELA 8 Coeficientes de correlação de Spearman entre a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e a severidade média de doença (b_0) e os coeficientes de regressão (b_1) obtidos na análise de estabilidade, considerando os doze híbridos avaliados em três ambientes.

	Lavras	Passos	Patos de Minas
Cercosporiose			
AACPD x b_0	0,97**	0,97**	0,98**
AACPD x b_1	0,92**	0,73**	0,86**
Mancha-Branca			
AACPD x b_0	0,98**	0,69*	0,99**
AACPD x b_1	0,78**	0,59*	0,75**

** - Significativamente diferente de zero, a 1% de probabilidade

6 CONCLUSÕES

a) Os híbridos mais resistentes às doenças foliares (Cercosporiose e Mancha-Branca) são o AG7088, AG 7010 e 2B707 e os mais suscetíveis o P30F44, P30F53 e AG8021.

b) Os híbridos P30K64, DKB177, DKB390 e Impacto variam seu comportamento em função dos locais, isto é, a relação patógeno-hospedeiro é distinta entre locais.

c) Para ambas as doenças foliares (Cercosporiose e Mancha-Branca), tanto a área abaixo da curva de progresso da doença quanto os parâmetros da estabilidade fenotípica foram eficientes na discriminação do nível de resistência dos híbridos, permitindo a classificação dos híbridos de modo semelhante.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, A. M. **Manejo da Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis* Tehon e Daniels) e da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw.) pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação.** 2002. 169f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; POZZA, E. A.; PEREIRA, J. L. A. R.; FARIA FILHO, E. M. Efeito da Cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, dez. 2007.
- BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; SOUZA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da Cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 19-31, 2008.
- BRUNELI, K. R. ***Cercospora zea-maydis*: esporulação, diversidade morfo-genética e reação de linhagens de milho.** 2004. 105 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba.
- CARSON, M. L.; GOODMAN, M. M.; WILLIAMSON, S. M. Variation in aggressiveness among isolates of *Cercospora* from maize as a potential cause of genotype-environment interaction in gray leaf spot trials. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 86, n. 10, p. 1089-1093, Oct. 2002.
- DUNKLE, L. D.; CARSON, M. L. Genetic variation in *Cercospora* and the potential impact on selecting for resistance to gray leaf spot of corn. In: ANNUAL CORN E SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 53., 1998, Chicago. **Proceedings...** Chicago: Amercian seed trade association, 1998. p. 30-35.
- DUNKLE, L. D.; LEVY, M. Genetic relatedness of African and United States populations of *Cercospora zea-maydis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 90, n. 5, p. 486-490, May 2000.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan.1966.

FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; CRUZ, F. A.; DUDIENAS, C.; CASTRO, J. L.; PEREIRA, J. O. F.; GALLO, P. B.; BORTOLETO, N.; RAMOS, V. J.; RIBEIRO, J. L. Efeito da mancha de phaeosphaeria sobre a produtividade do milho safrinha no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2006. CD ROM.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. **Principais doenças da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1997. 80p. (Circular Técnica, 26).

FERREIRA, D. F. SISVAR: sistema **de análise de variância**, versão 3.04, Lavras/DEX, 2000.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Monitoramento das estações automáticas**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

JULIATTI, F. C.; APPELT, C. C. N. S.; BRITO, C. H.; GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; HAMAWAKI, O. T.; MELO, B. Controle da feosféria, ferrugem comum e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 45-54, 2004.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D.; FERREIRA, A. S.; MEIRELLES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. R. Detection of a bacterium associated with a leaf spot disease of maize in Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 149, n. 5, p. 275-279, May 2001.

PEREIRA, D. G.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; GOMES, J. L.; TEIXEIRA, R. C. Análise da estabilidade fenotípica de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em relação a diferentes isolados de *Diaphorte phaseolorum* f. sp. *meridionalis*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 43, n. 250, p. 743-754, 1996.

PINHO, R. G. von; RAMALHO, M. A. P.; RESENDE, I. C.; SILVA, H. P.; POZAR, G. Reação de híbridos comerciais de milho às ferrugens polissora e tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 439-445, mar. 2001.

POZAR, G.; BUTRUILLE, D.; DINIZ, H. S.; VIGLIONI, J. P. Mapping and validation of quantitative trait loci for resistance to cercospora infection in tropical maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 118, n. 3, p. 553-564, Feb. 2009.

RINGER, C. E.; GRYBAUSKAS, A. P. Infection cycle components and disease progress of gray leaf spot on field corn. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, n. 1, p. 24-28, Jan. 1995.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System**. Cary, 1993. 18 v.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v.70, p. 1183-1186, Feb. 1977.

SOUZA, P. P. **Evolução da cercosporiose e da mancha-branca do milho e quantificação de perdas, em diferentes genótipos com controle químico**. 2005. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

STELL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633p.