

RAFAEL EGÉA SANCHES

ANÁLISE DIALÉLICA DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA RESISTÊNCIA
À FERRUGEM TROPICAL (*Physopella zaeae*)

Maringá – Paraná – Brasil

Fevereiro de 2010.

RAFAEL EGÉA SANCHES

ANÁLISE DIALÉLICA DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA RESISTÊNCIA
À FERRUGEM TROPICAL (*Physopella zea*).

Dissertação apresentada a
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Agronomia, para obtenção do Título
de Mestre em Agronomia.

Maringá – Paraná – Brasil

Fevereiro de 2010.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S211a Sanches, Rafael Egéa
Análise dialélica de linhagens de milho-pipoca para resistência à ferrugem tropical (*Physopella zeae*) / Rafael Egéa Sanches. - Maringá, 2010.
32 f., il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2010.

1. Zea mays - Análise dialélica. 2. Zea mays - Heterose. 3. Capacidade geral de combinação. 4. Capacidade específica de combinação. I. Scapim, Carlos Alberto, orient. II. Tessmann, Dauri José, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 22. ED. 633.15

JLM-000748

RAFAEL EGÉA SANCHES

ANÁLISE DIALÉTICA DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA PARA RESISTÊNCIA
À FERRUGEM TROPICAL (*Physopella zaeae*).

Dissertação apresentada a
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Agronomia, para obtenção do Título
de Mestre em Agronomia.

APROVADA EM:

Prof. Dr. Cláudio Guilherme Portela
de Carvalho

Prof. Dr. Dauri José Tessmann
(Co-Orientador)

Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim
(Orientador)

À minha mãe, Elvira, meu pai, Lorival, e especialmente a minha esposa, Patrícia, que me deram força e tiveram compreensão para que eu vencesse mais esta batalha

dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me iluminou nesta caminhada e sempre me deu forças para continuar;

a minha esposa Patrícia que passou muitas noites de preocupação e de estudo juntamente comigo, me apoiando e incentivando com afinco;

a todos meus familiares, em especial minha irmã Carla e seu marido Márcio, que sempre torceram pelo meu sucesso;

aos professores Carlos Alberto Scapim e Dauri José Tessmann pela orientação e co-orientação, além do auxílio, paciência e confiança;

aos amigos da Pós-graduação Eli Carlos, Carlos Alexandre, Lucas e Israel pelo companheirismo neste período de estudo e pelos momentos de descontração;

em especial a Marcos de Araújo Rodovalho pela ajuda e atenção prestadas;

a todos que mesmo não sendo citados, tiveram participação em mais essa etapa;

aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UEM;

ao CNPq pela bolsa concedida;

concluindo, a todos que tornaram possível a realização dessa dissertação, pois vitórias não são conquistadas individualmente.

BIOGRAFIA

RAFAEL EGÉA SANCHES, filho de Elvira Egea Sanches e Lorival Sanches Espejo, nasceu em Ivaiporã, Estado do Paraná, aos 19 dias do mês de setembro de 1982.

Em 2003, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Estadual de Maringá, graduando-se em dezembro de 2007.

Participou, quando estudante de graduação, de Projeto de Iniciação Científica intitulado Melhoramento intrapopulacional de compostos de milho-pipoca UEM-C1 e UEM-C2 vinculado ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-PIBIC-IC Balcão, no período de 01/08/2004 a 31/07/2007, orientado pelo Prof. Carlos Alberto Scapim.

Em março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, na área de Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá, completando, com este trabalho, os requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização das linhagens utilizadas no cruzamento dialélico, o qual produziu-se os híbridos simples de milho-pipoca utilizados no experimento, com sua devida origem	12
Quadro 2 – Descrição dos tratamentos utilizados. Cruzamentos dialélicos (1 a 36) e testemunhas (37 a 40)	15
Quadro 3. Análise de variância para os caracteres de porcentagem de área foliar doente aos 14 dias após a inoculação (PAFD I) e aos 21 dias após a inoculação (PAFD II), porcentagem de área foliar doente média aos 14 dias (PAFDM I) e aos 21 dias (PAFDM II) e área sob a curva de progresso da doença na folha de maior severidade (AACPD) e na média das três folhas com maior severidade (AACPDM), avaliados em híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca	17
Quadro 4. Resultados associados às médias das características porcentagem de área foliar doente (PAFD I) e porcentagem de área foliar doente média (PAFDM I), avaliados em testemunhas e híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca	18
Quadro 5. Resultados associados às médias para as características área abaixo da curva de progresso da doença na folha de maior severidade (AACPD) e na média das três folhas com maior severidade (AACPDM), avaliados em testemunhas e híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca.....	21

Quadro 6. Análise de variância do dialelo para os caracteres de porcentagem de área foliar doente aos 14 dias após a inoculação (PAFD) e aos 21 dias após a inoculação (PAFDII), porcentagem de área foliar doente média aos 14 dias (PAFDM) e aos 21 dias (PAFDM II) e área abaixo curva de progresso da doença na folha de maior severidade (AACPD) e na média das três folhas com maior severidade (AACPDM), avaliados em testemunhas comerciais e híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca.23

Quadro 7. Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) e desvios padrão (D.P.) da linhagem e da diferença entre duas linhagens para as características de porcentagem de área foliar doente aos 14 dias após a inoculação (PAFD), porcentagem de área foliar doente média aos 14 dias (PAFDM) e área abaixo da curva de progresso da doença na média das três folhas com maior severidade (AACPDM) em linhagens de milho-pipoca, segundo método 4 de Griffing (1956).....25

Quadro 8. Estimativa dos efeitos médios de capacidade específica de combinação \hat{S}_{ij} para as características de PAFD aos 14 dias após a inoculação, PAFDM aos 14 dias e AACPDM das três folhas com maior severidade em híbridos de milho-pipoca, segundo método 4 de Griffing (1956) ..27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esporulação de *Physopella zae* em milho-pipoca. **A**, dimensionamento das pústulas em área de 1cm quadrado; **B** esporulação 7 dias após a inoculação; **C** esporulação 14 dias após a inoculação; **D** esporulação aos 21 dias após a inoculação.07

RESUMO

SANCHES, Rafael Egéa. Me. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Análise dialélica de linhagens de milho-pipoca para resistência à ferrugem tropical (*Physopella zae*)**. Professor Orientador: Carlos Alberto Scapim. Professor Co-orientador: Dauri José Tessmann.

O segundo maior produtor mundial de milho-pipoca é o Brasil, porém uma das grandes dificuldades é a baixa produtividade, que está ligada também às doenças fúngicas como a ferrugem tropical. O objetivo foi avaliar genitores que conferem resistência genética à híbridos destas linhagens de milho-pipoca à ferrugem branca, causada pelo fungo *Physopella zae*. Foram utilizados 36 híbridos simples derivados dos cruzamentos dialélicos entre as linhagens L1.1 Zélia, L3.2 CMS 42, L4.4 CMS 43, L7.1 UEM M2, L8.4 Zaeli, L9.1 IAC 112, L9.2 IAC 112, L9.3 IAC 112 e L7.4 UEM M2, com 4 testemunhas comerciais (Zélia, Jade, IAC 112 e IAC 125). Como inóculo utilizaram-se uredósporos coletados em folhas infectadas, suspensos em água com uma gota de Tween 20, inoculados por pulverização em cultivar suscetível. Eles passaram por agitação e a concentração foi padronizada para $1,5 \times 10^5$ uredósporos/mL. A inoculação foi por pulverização, mantendo as plantas por 14 horas em câmara úmida. Após 14 dias, realizou-se avaliação da porcentagem de área foliar doente (PAFD), e a porcentagem da área foliar doente média (PAFDM). Foram avaliadas do mesmo modo aos 21 dias obtendo a porcentagem da área foliar doente II (PAFD II) e porcentagem de área foliar doente média II (PAFDM II). Foi determinada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e a área abaixo da curva de progresso da doença média (AACPDM). O delineamento foi em blocos casualizados, com 40 tratamentos em três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste T em nível de 10% de probabilidade e a análise dialélica de Griffing (1956). Resultados da ANAVA revelaram diferenças para PAFD, PAFDM, AACPD e AACPDM. O

híbrido L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112 destaca-se para PAFD. Para PAFDM o L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2 apresentou menor valor (23,55%). Para AACPD o L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112 obteve 277,00 e superou 16 dos genótipos. Para AACPDM destaca-se o L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2. Os resultados da análise dialélica revelaram diferenças significativas ($P < 0,10$) para os caracteres PAFD, PAFDM e AACPDM entre os híbridos e testemunhas. Para PAFD, PAFDM e AACPDM analisados para a capacidade geral de combinação, a linhagem L7.4 UEM-M2, foi a que mais contribuiu para a resistência. A estimativa mais negativa para capacidade específica de combinação foi do L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112, para PAFD e PAFDM, para AACPDM foi do L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42.

Palavras-chaves: *Zea mays*, heterose, Capacidade geral de combinação, Capacidade específica de combinação.

ABSTRACT

SANCHES, Rafael Egéa. Me. State University of Maringa, february of 2010. **Evaluation diallel of popcorn lineages to resistance to tropical rust (*Physopella zaeae*)**. Advisor teacher: Carlos Alberto Scapim.

The second greatest producer of popcorn is Brazil, one of the biggest difficulties is the low productivity, because it is more liable to diseases. The objective was to evaluate the generic resistance of Hybrids of popcorn lineage to *Physopella zaeae*. The experiment was lead at UEM. Making use of 36 simple Hybrids derivatives of the dialélicos crossings between the lineage (L1.1 Zélia, L3.2 Cms 42, L4.4 Cms 43, L7.1 UEM M2, L8.4 Zaeli, L9.1 IAC 112, L9.2 IAC 112, L9.3 IAC 112 e L7.4 UEM M2) of popcorn with four commercial witnesses (Zélia, Jade, IAC 112 e IAC 125). To inoculum were collected uredospores in infected corn leaves, suspense in water with a drop of Tween 20, inoculated by pulverization in susceptible cultivation. They passed by agitation and the concentration was standardized to 1.5×10^5 uredospores/mL. The inoculation by pulverization leaving for 14 hours de humid chamber in vegetation home. After 14 days, an evaluation of the sick leaf area percentage was done (SLAP), and the average of the affected leaf area (SLAPA). They were evaluated the same way on the 21th day obtaining the sick leaf area percentage II (SLAP II) and the average of the affected leaf area II (SLAPA II). It was determined the area below the disease curve progress and the area below the average disease curve progress. The delineation was in randomized blocks, with 40 treatments in three repetitions. The data were subduced to variance analysis and the test T in level of 10 % of probability and diallels analysis. Results from the anava revealed differences to SLAP, SLAPA, ABDPCP and ABADPCP. In relation to SLAP, it is pointed out the Hybrid L4.4 CMS 43 X L9.1 IAC 112, overcoming 21 of the genotypes. To SLAPA the L3.2 CMS 42 X L7.4

UEM M2 presented low value with 23,55%. On the feature ABDCP the L4.4 CMS 43 X L9.1 IAC 112 overcame 16 of the genotypes, presenting value of 227,00. To ABADCP stand out the L3.2 CMS 42 X L7.4 UEM M2. The results of the dialectics whole analysis revealed significant differences ($P < 0,10$) to the characters SLAP, SLAPA, and ABADCP. To SLAP, SLAPA and ABADCP analyzed in CGC, the lineage L7.4 UEM-M2, was the one that most contributed to the resistance. The major negative estimative to CEC was from L4.4 CMS 43 X L9.1 IAC 112, to SLAP and SLAPA, to ABADCP was the L1.1 Zelia X L3.2 CMS 42.

Key words: popcorn, tropical rust, *Physopella zaeae*, diallel.

1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais cultivados no Brasil e no mundo, sendo utilizado na alimentação humana e animal. Empresas empacotadoras relatam que o maior produtor e consumidor mundial de milho-pipoca são os Estados Unidos, apresentando produção anual de 500 mil toneladas, movimentando U\$ 1,8 bilhão, da qual cerca de 68% é utilizada pelo segmento microondas (JORNAL DA TERRA, 2008).

O segundo maior produtor do mundo de milho-pipoca é o Brasil, atingindo produção anual de 80 mil toneladas, destinando 13% desta ao segmento microondas. Movimenta-se nacionalmente em torno de U\$ 130 milhões (JORNAL DA TERRA, 2008).

Apesar do milho-pipoca ser alimento bastante apreciado no Brasil, o seu cultivo comercial não é muito difundido. Um dos grandes agravantes nessa cultura é a sua baixa produtividade média, que sofre influência negativa por diversos fatores, sendo estes tecnológicos, climáticos e o aumento da ocorrência de pragas e doenças.

De acordo com Sawazaki (2001), de todos os tipos de milho, as variedades de milho-pipoca são as mais suscetíveis a doenças, pragas, acamamento, quebramento do colmo e podridão de grãos, sendo possivelmente estas as causas para o reduzido interesse em cultivo destes materiais, fatores esses que poderiam ser controlados com o avanço do melhoramento genético deste grupo específico de milho especial.

O aumento na ocorrência de doenças tem se agravado atualmente pelo início do cultivo de duas safras anuais, uso indiscriminado de cultivares suscetíveis, plantios consecutivos, ocorrência de condições adversas e aumento

significativo de ocorrência de epidemias causadas por clima favorável (PATERNIANI et al. 2002).

Diversas doenças que podem afetar a cultura, ocasionando redução em produtividade e qualidade dos grãos, tem sua importância variável de acordo com a região e o ano de cultivo, o que é afetado diretamente pelo nível de resistência genética das variedades e híbridos cultivados, condições intrínsecas à região de cultivo como solo e clima e ainda pelas práticas culturais utilizadas (REIS et al. 2004; CASELA et al. 2006).

Uma das maneiras de se obter êxito no avanço do melhoramento genético é utilizando cruzamentos dialélicos, para seleção de linhagens, via análise de capacidade geral de combinação – CGC e capacidade específica de combinação – CEC. Segundo Griffing (1956) cruzamento dialélico é uma metodologia muito importante para o melhoramento de plantas, pois possibilita a recombinação da variabilidade disponível, obtendo-se novos genótipos, podendo-se ainda investigar caracteres quantitativos e verificar as capacidades geral e específica de combinação.

Pinto et al (2007) comprovam esta afirmação relatando que análises dialélicas são ferramentas bastante úteis para caracterizar a capacidade combinatória, seja ela geral ou específica.

O mau funcionamento e a destruição dos tecidos fotossintéticos são considerados como os principais danos das doenças foliares, podem ter ainda como conseqüências a necrose de toda a folha, devido ao aumento do número e da área das lesões. Esses problemas limitam a interceptação da radiação solar e a translocação dos produtos da fotossíntese, ocasionando redução na produção de grãos (BRASIL et al. 1998; FANTIN et al. 1991; PINTO et al. 2004; REIS et al. 2004; VON PINHO et al. 1999).

Basicamente, o controle às doenças do milho é realizado pela resistência genética; entretanto, medidas como o plantio em época adequada, utilização de sementes de boa qualidade, tratamento de sementes, rotação de culturas, manejo adequado da adubação, população de plantas adequada, controle de pragas e de plantas daninhas e colheita na época correta são, também, indispensáveis para o

sucesso da produção (BRASIL et al. 1998; VON PINHO et al. 1999; PINTO et al. 2004). Contudo, segundo Lima et al. (1996), resistência genética é a forma mais eficiente e econômica para controlar ou evitar epidemias, como as provocadas pelos fungos causadores de ferrugem.

Observa-se que a ferrugem tropical, ou ferrugem branca, causada pelo fungo *Physopella zae* (Mains) CUMMINS & RAMACHAR), atualmente tem aumentado em muito sua incidência e severidade, agravada pela reduzida existência de cultivares no mercado (CARVALHO, 1995).

Em programas de melhoramento de híbridos de milho em geral, a avaliação de linhagens e híbridos é a etapa mais importante e dispendiosa, exigindo trabalho e precisão do melhorista (PATERNIANI et al. 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar genitores que conferem resistência genética a híbridos de linhagens de milho-pipoca à ferrugem branca ou tropical, causada pelo fungo *Physopella zae*, e quantificar os níveis de resistência e suscetibilidade dos mesmos a fim de subsidiar informações ao melhoramento.

A meta almejada foi encontrar linhagens que servirão como fontes de resistência à doença que possam ser utilizadas pelo melhoramento para produção cultivares e híbridos promissores de milho-pipoca, verificando a caracterização destas fontes de resistência que servirão como importante estratégia de controle, resultando em aumento de produtividade e influenciando diretamente os produtores, incentivando o plantio desta modalidade de milho (milho-pipoca), que entraria como diversificação de cultura, contribuindo para o processo de rotação de culturas, pois apresenta alto valor agregado da produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cultura do milho-pipoca ainda é pouco explorada no Brasil, sendo assim poucas informações acerca de doenças e manejo da cultura estão disponíveis. Contudo, alguns trabalhos realizados na área de melhoramento de plantas e qualidade da pipoca estão norteando a condução desta lavoura, fatores estes que apresentam correlação negativa, ou seja, quanto maior o rendimento de grãos, menor a qualidade destes, ocorrendo a redução da capacidade de expansão entre outros fatores, como maciez (CRUZ et al. 2004).

O manejo da cultura pode afetar diretamente os problemas com doenças. Tomazela (2005) demonstra que a adubação em excesso pode agravar o problema da ferrugem tropical em milho, pois com o fornecimento de 200 kg de nitrogênio ha^{-1} o índice de área foliar afetada pela doença chegou aos 3,05, valor maior que os 2,75 encontrados nos tratamentos com adição de somente 100 kg de nitrogênio ha^{-1} . Essa variação, de acordo com o autor, se deve porque a assimilação de maiores doses de N pode acarretar uma elevação na concentração de substâncias de baixo peso molecular na planta, favorecendo assim o desenvolvimento de doenças fúngicas.

Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento é a resistência a doenças, sendo que os sucessos obtidos tem sido de grande importância para a estabilização de rendimento das culturas de safra para safra (BORÉM; MIRANDA, 2005).

Atualmente uma das maiores preocupações dos melhoristas e dos produtores da cultura do milho é o aumento da ocorrência de doenças. Dentre essas, as doenças foliares são as que causam maiores perdas, por serem de difícil controle e fácil disseminação, destacando-se três ferrugens, sendo elas *Puccinia polysora*, *Puccinia sorghi* e *Physopella zae* (PATERNIANI et al. 2002).

A doença ferrugem tropical, também conhecida como ferrugem branca, ocorrente na cultura do milho é causada pelo fungo *Physopella zae* (Mains) CUMMINS & RAMACHAR, classificado anteriormente como *Angiospora zae* Mains, contudo essa ferrugem não ocorre somente nessa cultura, mas também em seu ancestral o teosinte (*Euchlaena* spp.). Atualmente tem aumentado consideravelmente a sua incidência e severidade nas diversas regiões do país. O agravante desse problema é que existem poucos cultivares disponíveis no mercado que apresentam resistência, o que acaba por aumentar ainda mais o problema (CARVALHO, 1995).

Von Pinho (1998) relata que foram encontrados relatos da presença da doença em questão em diversos países como Peru, Colômbia, Venezuela, Trinidad Tobago, Porto Rico, San Domingo, Guatemala, México, Estados Unidos e Brasil, sendo estes em plantas de milho e/ou teosinte.

A ferrugem tropical foi constatada inicialmente no Brasil no estado Espírito Santo em meados dos anos 70, mas tornou-se de maior importância econômica recentemente, principalmente nas Regiões Centro-oeste e Sudeste, nas quais as condições de clima são mais favoráveis e o plantio de híbridos suscetíveis é mais freqüente (PEREIRA, 1997).

Pelo fato de ocorrer em regiões quentes e úmidas dos trópicos atribuiu-se o nome comum de ferrugem tropical à esta doença. Ocorre em todas as regiões de plantio de milho no Brasil, porém não são conhecidos hospedeiros intermediários do patógeno. É favorecida por ambientes de temperatura e umidade relativa elevadas (FERNANDES et al. 1995). A ferrugem tropical caracteriza-se por ocorrer em plantios tardios, a partir de outubro, e em regiões de baixa altitude (PEREIRA, 1997).

Há grande preocupação com o aumento da ocorrência da ferrugem tropical, pois esta apresenta alta capacidade de adaptação às mais diversas condições ambientais, propiciando assim ampla disseminação e levando a sérias perdas pela sua agressividade, além do fato de haver ainda pouca disponibilidade de cultivares comerciais resistentes (LIMA et al. 1996; Von Pinho et al. 2000; Costa et al. 2008).

Comumente ocorre uma maior incidência de *Physopella zae* em relação à *Puccinia polysora* em plantios de milho safrinha, o que se deve, provavelmente, à menor exigência de umidade pela *Physopella zae*, condição comum nos plantios de milho safrinha (AGROCERES, 1996).

Até a década de 90 recomendava-se o controle das doenças de milho com o uso de cultivares resistentes, porém, com o uso indiscriminado, muitas perderam essa característica (JULIATTI; SOUZA, 2005). Mais um agravante foi que surgiram cultivares comerciais mais produtivas, porém, com variáveis níveis de resistência às doenças (BASSO, 2002).

Observa-se ainda que, apesar da resistência genética ser a forma mais eficiente e econômica de se controlar e evitar epidemias de ferrugens, existem ainda poucos estudos acerca disso (LIMA et al. 1996).

Apesar da referida doença ocorrer em quase todas as regiões de plantio de milho no Brasil, as regiões sudeste e centro-oeste são as mais afetadas, principalmente pelo excessivo uso da monocultura e pelas extensas áreas com falho controle de doenças, podendo haver perda de até 60% da produção em determinados casos (VON PINHO et al. 2000; CASELA et al. 2006).

Considerado um patógeno altamente destrutivo, este fungo pode chegar a matar a planta infectada em casos extremos, mas comumente diminui o vigor das plantas, acarreta seca e morte prematura de folhas, redução da quantidade e massa dos grãos e acamamento. À medida que a planta se desenvolve, a doença se torna mais severa, podendo aparecer pústulas na bainha foliar e nas hastes (VON PINHO, 1998).

A principal característica dos sintomas da ferrugem tropical são pústulas brancas ou amareladas, em pequenos grupos, que apresentam em torno de 0,3 – 1,0 mm de comprimento, preferencialmente na face superior da folha, ocorrendo paralelamente às nervuras, podendo coalescer em casos de maior severidade ocorrendo assim morte prematura das folhas, como pode ser visto na figura 1 - A (CASELA et al. 2006; PEREIRA, 1997).

De acordo com Pereira (1997) as pústulas têm formato arredondado à ovalado, sendo que a coloração varia de amarelada para a castanha, as quais são



Figura 1 – Esporulação de *Physopella zae* em milho-pipoca. **A**, dimensionamento das pústulas em área de 1cm quadrado; **B** esporulação 7 dias após a inoculação; **C** esporulação 14 dias após a inoculação; **D** esporulação 21 dias após a inoculação.

recobertas pela epiderme da folha, até o momento em que ocorre a esporulação, sendo a pústula aberta em sua região central. Regiões circulares a oblongas, apresentando bordos escuros se formam ao redor das pústulas em estágios mais avançados, correspondendo a formação de télios subepidérmicos.

A formação das pústulas ocorre de 7 a 9 dias após a inoculação à temperatura variando entre 23° a 30° C, período este aumentado caso a temperatura seja reduzida para 17° a 19° C. Entretanto, quando as pústulas são desenvolvidas em altas temperaturas, apresentam maior tamanho e esporulação (Figura 1 – B, C e D) (CARVALHO, 1995).

Os uredósporos são o inóculo primário e secundário provenientes de plantas da cultura, pois se trata de um patógeno biotrófico, ou seja, é um parasita obrigatório, sendo transportado pelo vento ou em material infectado (CASELA et al. 2006; CARVALHO, 1995). São elípticos ou ovóides, hialinos a amarelo-claros, moderadamente equinados, com dimensões de 15-22 x 22-33 µm. Os télios são escuros e subepidérmicos. Os teliósporos são cilíndricos, sésseis, unicelulares, amarelo-dourados a marrom-castanhos, ocorrendo em cadeias de 2 a 3 esporos, estes com dimensão de 12-18 x 16-36 µm, a fase aecial não é conhecida (PEREIRA, 1997; WHITE, 2000).

No processo de infecção do fungo, para que ocorra a germinação e penetração dos uredósporos, é imprescindível que haja água livre na superfície da folha, sendo este o fator de maior importância neste processo, porém outros fatores como temperatura e luminosidade, também influenciam em muito. A umidade ideal requerida pode ser suprida com uma a duas horas de orvalho, sendo que sua ocorrência à temperatura de 22° C induz facilmente a germinação. À 8° C não germinam e acima de 34° C muito poucos germinam, sendo o ideal entre 23° e 30° C (CARVALHO, 1995).

Os plantios contínuos tendem a agravar os problemas causados pelas ferrugens em geral. Recomenda-se a alternância de genótipos e a interrupção no plantio durante certo período para que ocorra a morte dos uredósporos (CASELA et al. 2006).

Caracteriza-se a reação de resistência do milho à ferrugem tropical por se formar em apenas pequenas pústulas e com reduzida produção de esporos, diferentemente da reação de suscetibilidade na qual há formação de pústulas grandes com alta produção de esporos (LIMA et al. 1996). Segundo Carvalho (1995), plantas de milho que apresentam maior resistência tem número de lesões, comprimento e desenvolvimento de lesões, número de pústulas, severidade e número de pústulas secundárias reduzidos, sendo estes parâmetros eficientes para identificar genótipos resistentes a ferrugem tropical.

Resistência genética é a maneira mais ambientalmente eficaz e sadia de controlar a doença, pois, o controle químico nem sempre é viável, tendo o custo elevado e reduzida eficiência. Por ser causada por parasita obrigatório, a ferrugem tropical necessita contato contínuo com o hospedeiro, devendo assim essa doença ser controlada pelo uso de variedades que possuam de preferência resistência poligênica, horizontal ou não específica (CASELA et al. 2006; PATERNIANI et al. 2002).

A resistência horizontal age interferindo nas diversas fases da relação patógeno/hospedeiro levando à redução do número de infecções, presença de pústulas de reduzido tamanho, menor esporulação e maior período latente, o que reduz o desenvolvimento da doença (CARVALHO, 1995).

Segundo Pereira (1997), a resistência poligênica ou não específica é, geralmente, mais duradoura, fator esse atribuído pela menor pressão de seleção direcional ao patógeno. A maneira de atuação da resistência horizontal pode ser na fase de penetração do patógeno, não envolvendo sintomas e na fase de desenvolvimento do patógeno interferindo no início da colonização evitando o crescimento do fungo, reduzindo a severidade da doença.

A resistência vertical é controlada por genes específicos e caracterizada por uma integração entre variedades do hospedeiro e raças do patógeno. É de natureza monogênica ou oligogênica, não sendo influenciada pelo ambiente, porém, é instável. Essa resistência específica favorece o surgimento de novas raças virulentas do patógeno, sendo assim não é duradoura, porém, é de fácil identificação e introdução nas cultivares (CARVALHO, 1995).

No controle das ferrugens do milho a resistência horizontal tem sido mais eficiente pelo fato de os patógenos serem parasitas obrigatórios de grande variabilidade, dificultando assim a eficiência da resistência vertical (VON PINHO et al. 2001).

Segundo Andrade (2002), nos programas de melhoramento de milho-pipoca busca-se encontrar variedades que reúnam genes favoráveis à máxima produção e alta capacidade de expansão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com cobertura plástica, controle parcial de umidade e temperatura, localizada na Universidade Estadual de Maringá – UEM. As plantas foram produzidas em vasos com capacidade de 14 litros, utilizando-se solo de campo em mistura com substrato de casca de pinus na proporção de 2:1 e adubado segundo recomendação para a cultura. O meio de propagação foi semente, utilizando-se 36 híbridos simples de milho-pipoca de um cruzamento dialélico de nove linhagens provenientes de genótipos comerciais, produzidos pelo programa de melhoramento genético da referida universidade, conforme apresentado no Quadro 1, juntamente com 4 testemunhas de cultivares comerciais, sendo elas Zélia, Jade, IAC 112 e IAC 125.

Semearam-se oito sementes devidamente tratadas por vaso, após quatorze dias foi realizado o desbaste das plantas, deixando-se quatro plantas por vaso com 14 litros, o que constituiu uma unidade experimental.

Para produção de inóculo foram coletados uredósporos do fungo *Physopella zae* de pústulas do fungo em folhas de milho infectadas naturalmente nas áreas de plantio experimental da Fazenda Experimental de Iguatemi – FEI, pertencente a UEM, com utilização de espátula e colocados em vidros de relógio flambados. Estes uredósporos foram suspensos em água destilada com uma gota de Tween 20 na concentração de $1,7 \times 10^4$ uredósporos/mL. A determinação da concentração foi em Câmara de Neubauer e passaram por agitação por volta de 4 minutos sendo inoculados por pulverização em plantas de milho-pipoca da cultivar comercial, suscetível Zélia, em estágio V7 à V8, produzidas em casa de vegetação, mantendo-as em câmara úmida por 14 horas à 100% de umidade relativa e 25 a 30° C de temperatura. Após este período, estas plantas ficaram em

casa de vegetação com 22 a 35° C de temperatura, as quais serviram como plantas doadoras de esporos.

Quadro 1 – Caracterização das linhagens utilizadas no cruzamento dialélico, a partir do qual produziram-se os híbridos simples de milho-pipoca utilizados no experimento, com sua devida origem

Linhagem	Origem
L1.1 Zélia	Extraída do híbrido triplo Zélia da Pioneer.
L3.2 CMS 42	Extraída do composto de grãos amarelos da Embrapa – Milho e Sorgo.
L4.4 CMS 43	Extraída do composto de grãos brancos da Embrapa – Milho e Sorgo.
L7.1 UEM-M2	Extraída de uma variedade local da região Noroeste do Paraná de genealogia desconhecida.
L8.4 Zaeli	Extraída de uma variedade comprada no mercado de Maringá – PR de genealogia desconhecida.
L9.1 IAC 112	Extraída do híbrido triplo modificado (IAC 112) do Instituto Agrônômico de Campinas.
L9.2 IAC 112	Extraída do híbrido triplo modificado (IAC 112) do Instituto Agrônômico de Campinas.
L9.3 IAC 112	Extraída do híbrido triplo modificado (IAC 112) do Instituto Agrônômico de Campinas.
L7.4 UEM-M2	Extraída de uma variedade local da região Noroeste do Paraná de genealogia desconhecida.

Utilizou-se durante o período de realização dos experimentos um termômetro digital com registro de temperatura máxima e mínima para medir e registrar a temperatura, visando obter maior controle do clima na casa de vegetação.

A coleta de inóculo nestas plantas foi realizada 14 dias após a inoculação, com utilização de lavagem de partes infectadas das folhas em água com uma gota de Tween 20, retirando-se os uredósporos produzidos nas pústulas presentes na superfície das folhas. A manutenção do isolado foi feita por meio de inoculações sucessivas.

A partir da realização de estudos preliminares definiu-se o método de inoculação, a concentração de inóculo e a idade das plantas para inoculação, visando obter sucesso na inoculação e perfeita visualização das reações da doença nas plantas.

Para o preparo do inóculo, os uredósporos suspensos em água, passaram por agitação da suspensão por cerca de 4 minutos. A concentração da suspensão foi obtida por contagem de uredósporos em Câmara de Neubauer, sendo padronizada para $1,5 \times 10^5$ uredósporos/mL.

A inoculação foi realizada por pulverização da planta inteira, no estádio entre V7 e V8, ao entardecer, até o ponto de escorrimento, pulverizando-se cerca de 25 mL da suspensão por vaso com auxílio de pulverizador manual de compressão prévia de 4,7 L. Após 14 horas de câmara úmida com 90 a 100% de umidade relativa do ar e temperatura controlada por volta de 22 a 25°C, as plantas ficaram em casa de vegetação à temperatura de 20 à 35° C e por volta de 65 a 90% de umidade relativa até o término do experimento.

Para definição da época de avaliação observou-se o período latente do fungo em planta de milho-pipoca, tomando-se por base experimento conduzido em paralelo no qual foi utilizado plantas de milho-pipoca da cultivar comercial Zélia avaliando-se diariamente o número de pústulas rompidas por centímetro quadrado em locais previamente demarcados, concluindo-se que 50% das pústulas estavam rompidas entre o 9º e o 10º dia, e o máximo de pústulas rompidas é atingido no

13º dia, por isso decidiu-se avaliar no 14º dia após a inoculação, quando quase a totalidade das pústulas primárias se apresentaram rompidas.

Realizou-se 14 dias após a inoculação a avaliação da área foliar infectada na folha de maior severidade, por porcentagem de área foliar doente I (PAFD I), incluindo halo amarelado se for o caso, bem como a porcentagem de área foliar doente média I (PAFDM I) nas três folhas com maior concentração de sintomas da doença. Foram avaliadas as plantas do mesmo modo aos 21 dias após a inoculação obtendo a porcentagem da área foliar doente II (PAFD II) e porcentagem de área foliar doente média II (PAFDM II).

Posteriormente foi determinada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) ao longo do tempo com base na PAFD - porcentagem de área foliar doente (severidade) segundo metodologia de Campbell & Madden (1990), tomando-se como base a PAFD I aos 7, 14 e 21 dias na folha de maior severidade e a área abaixo da curva de progresso da doença média (AACPDM) tomando-se a média das porcentagens das três folhas mais afetadas (PAFDM I). Os valores de severidade da doença foram plotados versus o tempo e expressos em curva de progresso da doença a fim de representar a epidemia, assim foram estimados para cada tratamento e nas repetições os valores de AACPD e AACPDM.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos com tratamentos ao acaso, com 40 tratamentos em três repetições. Os cruzamentos dialélicos deram origem a 36 híbridos, sendo utilizados ainda 4 testemunhas comerciais conforme pode ser observado no Quadro 2. Cada unidade experimental foi composta por um vaso com quatro plantas, com capacidade de 14 litros.

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente aplicou-se o teste t (LSD- Least Square Difference) em nível de 10% de probabilidade empregando o Aplicativo Computacional SISVAR, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras. Visando facilitar a interpretação dos resultados do teste t, aplicou-se o método apresentado por Fasoulas (1983), o qual consiste no cálculo do número e/ou porcentagem de tratamentos superados estatisticamente por um determinado tratamento.

Quadro 2 – Descrição dos tratamentos utilizados. Cruzamentos dialélicos (1 a 36) e testemunhas (37 a 40).

Tratamentos	Genótipos	
1	L1.1 Zélia	x L3.2 CMS 42
2	L1.1 Zélia	x L4.4 CMS 43
3	L1.1 Zélia	x L7.1 UEM M2
4	L1.1 Zélia	x L8.4 Zaeli
5	L1.1 Zélia	x L9.1 IAC 112
6	L1.1 Zélia	x L9.2 IAC 112
7	L1.1 Zélia	x L9.3 IAC 112
8	L1.1 Zélia	x L7.4 UEM M2
9	L3.2 CMS 42	x L4.4 CMS 43
10	L3.2 CMS 42	x L7.1 UEM M2
11	L3.2 CMS 42	x L8.4 Zaeli
12	L3.2 CMS 42	x L9.1 IAC 112
13	L3.2 CMS 42	x L9.2 IAC 112
14	L3.2 CMS 42	x L9.3 IAC 112
15	L3.2 CMS 42	x L7.4 UEM M2
16	L4.4 CMS 43	x L7.1 UEM M2
17	L4.4 CMS 43	x L8.4 Zaeli
18	L4.4 CMS 43	x L9.1 IAC 112
19	L4.4 CMS 43	x L9.2 IAC 112
20	L4.4 CMS 43	x L9.3 IAC 112
21	L4.4 CMS 43	x L7.4 UEM M2
22	L7.1 UEM M2	x L8.4 Zaeli
23	L7.1 UEM M2	x L9.1 IAC 112
24	L7.1 UEM M2	x L9.2 IAC 112
25	L7.1 UEM M2	x L9.3 IAC 112
26	L7.1 UEM M2	x L7.4 UEM M2
27	L8.4 Zaeli	x L9.1 IAC 112
28	L8.4 Zaeli	x L9.2 IAC 112
29	L8.4 Zaeli	x L9.3 IAC 112
30	L8.4 Zaeli	x L7.4 UEM M2
31	L9.1 IAC 112	x L9.2 IAC 112
32	L9.1 IAC 112	x L9.3 IAC 112
33	L9.1 IAC 112	x L7.4 UEM M2
34	L9.2 IAC 112	x L9.3 IAC 112
35	L9.2 IAC 112	x L7.4 UEM M2
36	L9.3 IAC 112	x L7.4 UEM M2
	Testemunhas	
37	Zélia	
37	Jade	
39	IAC 112	
40	IAC 125	

As análises dialélicas foram feitas por meio do Programa Genes (CRUZ, 2006), que é destinado a análise e processamento de dados das áreas de genética e estatística experimental, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância revelaram diferenças significativas ($p < 0,10$) entre os híbridos de milho pipoca, para as características PAFD I, PAFDM I, AACPD e AACPDM, o que demonstra variabilidade para essas características (Quadro 3). As médias dos híbridos F1's e testemunhas comerciais estão apresentadas nos Quadros 4 e 5.

Quadro 3 - Análise de variância para os caracteres de porcentagem de área foliar doente aos 14 dias após a inoculação (PAFD I) e aos 21 dias após a inoculação (PAFD II), porcentagem de área foliar doente média aos 14 dias (PAFDM I) e aos 21 dias (PAFDM II) e área sob a curva de progresso da doença na folha de maior severidade (AACPD) e na média das três folhas com maior severidade (AACPDM), avaliados em híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca

FV	GL	QM					
		PAFD I	PAFDM I	PAFD II	PAFDM II	AACPD	AACPDM
Blocos	2	198,1583	141,1712	469,4083	319,0896	21189,7020	13826,4416
Tratamentos	39	63,7948*	61,6477*	40,3854 ^{ns}	44,3731 ^{ns}	4711,1358*	4620,3238*
Resíduo	78	39,6198	33,5739	47,9040	43,9121	3362,7469	2904,9237
CV(%)	-	18,33	18,71	17,43	18,41	16,94	17,43
Média geral		34,33	30,96	39,72	36,00	342,32	309,26

* - Significativo pelo teste F a 10% de probabilidade;

ns – Não significativo pelo teste F a 10% de probabilidade.

Quadro 4 – Resultados associados às médias das características porcentagem de área foliar doente (PAFD I) e porcentagem de área foliar doente média (PAFDM I), avaliados em testemunhas e híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca

Genótipos	PAFD I	n _i *	%**	PAFDM I	n _i	%
L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42	30,66	2	5,0	27,00	6	15,0
L1.1 Zélia x L4.4 CMS 43	35,33	1	2,5	33,11	2	5,0
L1.1 Zélia x L7.1 UEM M2	38,66	0	0,0	36,44	0	0
L1.1 Zélia x L8.4 Zaeli	46,00	0	0,0	42,55	0	0
L1.1 Zélia x L9.1 IAC 112	35,33	1	2,5	31,66	2	5
L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112	27,00	17	42,5	24,44	17	42,5
L1.1 Zélia x L9.3 IAC 112	39,00	0	0,0	34,88	0	0
L1.1 Zélia x L7.4 UEM M2	33,33	2	5,0	29,11	2	5,0
L3.2 CMS 42 x L4.4 CMS 43	36,66	1	2,5	33,00	2	5,0
L3.2 CMS 42 x L7.1 UEM M2	35,66	1	2,5	32,66	2	5,0
L3.2 CMS 42 x L8.4 Zaeli	43,66	0	0,0	41,11	0	0
L3.2 CMS 42 x L9.1 IAC 112	39,00	0	0,0	36,00	0	0
L3.2 CMS 42 x L9.2 IAC 112	30,33	6	15,0	26,66	8	20,0
L3.2 CMS 42 x L9.3 IAC 112	36,33	1	2,5	33,88	1	2,5
L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2	26,66	19	47,5	23,55	20	50,0
L4.4 CMS 43 x L7.1 UEM M2	34,33	2	5,0	31,22	2	5,0
L4.4 CMS 43 x L8.4 Zaeli	37,66	0	0,0	33,77	1	2,5
L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112	26,00	21	52,5	24,66	17	42,5
L4.4 CMS 43 x L9.2 IAC 112	38,66	0	0,0	33,44	1	2,5
L4.4 CMS 43 x L9.3 IAC 112	37,33	1	2,5	34,77	0	0
L4.4 CMS 43 x L7.4 UEM M2	35,00	2	5,0	31,88	2	5,0
L7.1 UEM M2 x L8.4 Zaeli	29,00	10	25,0	24,77	17	42,5
L7.1 UEM M2 x L9.1 IAC 112	32,66	2	5,0	29,33	2	5,0
L7.1 UEM M2 x L9.2 IAC 112	27,33	16	40,0	23,99	19	47,5
L7.1 UEM M2 x L9.3 IAC 112	39,00	0	0,0	34,55	1	2,5
L7.1 UEM M2 x L7.4 UEM M2	29,00	10	25,0	26,00	11	27,5
L8.4 Zaeli x L9.1 IAC 112	32,33	2	5,0	29,55	2	5,0
L8.4 Zaeli x L9.2 IAC 112	39,00	0	0,0	34,88	0	0
L8.4 Zaeli x L9.3 IAC 112	34,00	2	5,0	28,44	3	7,5
L8.4 Zaeli x L7.4 UEM M2	28,33	12	30,0	24,77	17	42,5
L9.1 IAC 112 x L9.2 IAC 112	37,33	1	2,5	34,11	1	2,5
L9.1 IAC 112 x L9.3 IAC 112	32,66	2	5,0	29,77	2	5,0
L9.1 IAC 112 x L7.4 UEM M2	32,00	2	5,0	29,00	2	5,0
L9.2 IAC 112 x L9.3 IAC 112	36,00	1	2,5	33,66	1	2,5
L9.2 IAC 112 x L7.4 UEM M2	30,33	6	15,0	26,11	10	25,0
L9.3 IAC 112 x L7.4 UEM M2	36,33	1	2,5	32,11	2	5,0
Testemunhas						
Zélia	32,00	2	5,0	30,11	2	5,0
Jade	29,66	9	22,5	26,33	8	20,0
IAC 112	35,00	2	5,0	30,88	2	5,0
IAC 125	38,66	0	0,0	34,11	1	2,5
Média	34,33	--	--	30,96	--	--

* = número de genótipos superados pelo genótipo i, com base no teste LSD ($p < 0,10$).

** = porcentagem de genótipos superados pelo genótipo i com base no teste LSD ($p < 0,10$).

Em relação à PAFD I, destaca-se o híbrido proveniente do cruzamento de L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112, que apresentou 26 % de área foliar doente, superando estatisticamente 21 dos genótipos estudados, dentre eles as testemunhas comerciais IAC 112 e IAC 125 sendo diferente destas significativamente ($p < 10\%$) pelo teste T.

Deve ser dada atenção ainda aos híbridos provenientes dos cruzamentos entre L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2, que apresentou 26,67% de área foliar doente, superando 19 dos genótipos avaliados, ou seja, 47,5% deles, L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112, que apresentou 27% de área foliar doente, superando 17 dos genótipos testados ou seja, 42,5% deles e L7.1 UEM M2 x L9.2 IAC 112, que apresentou 27,33% de área foliar doente, superando 16 dos genótipos pesquisados, ou seja, 40%.

O híbrido que apresentou maior valor de PAFD I é proveniente do cruzamento L1.1 Zélia x L8.4 Zaeli, apresentando 46%, sendo bem superior às testemunhas comerciais que apresentaram valores entre 29,66 (Jade) à 38,66% (IAC 125) de PAFD I.

Para a característica PAFDM I, o híbrido proveniente do cruzamento L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2 apresentou menor valor de área foliar doente média, destacando-se novamente entre os melhores, com apenas 23,55% da área foliar doente média nas três folhas com maior severidade, superando 20 dos genótipos testados, ou seja, 50% deles. Destacam-se novamente os híbridos dos cruzamentos L7.1 UEM M2 x L9.2 IAC 112, L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112 e L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112 com 23,99%, 24,44% e 24,66% da área foliar doente média, superando respectivamente 19, 17 e 17 dos genótipos avaliados.

Para a característica em questão novamente o híbrido do cruzamento L1.1 Zélia x L8.4 Zaeli foi o que apresentou maior valor, superando as testemunhas comerciais e a maioria dos outros híbridos.

Os valores médios de PAFD I e PAFDM I para os 40 tratamentos foram de 34,33 e 30,96% respectivamente, valores elevados levando-se em conta que, de acordo com Basso (2002), dificilmente são encontrados níveis superiores a 50%

em ferrugens de gramíneas, inclusive as do milho, caracterizando que a severidade da doença apresentou-se elevada no experimento.

O grande problema relatado por Basso (2002) é que em severidades de doença por volta de 30% de área foliar afetada, a taxa fotossintética líquida é reduzida em até 75%, problema este causado pela intensa colonização micelial do hospedeiro, o que muitas vezes não pode ser visualizado na forma de sintomas, afetando diretamente o desenvolvimento e produtividade da lavoura de milho, o que explica a afirmação de Juliatti & Souza (2005) os quais relatam que há correlação negativa entre a severidade da doença ferrugem tropical e produtividade de híbridos susceptíveis de milho.

Verifica-se no Quadro 5 que para a característica AACPD o híbrido F1 do cruzamento L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112 superou estatisticamente 16 dos genótipos estudados, ou seja, cerca de 40% deles, apresentando valor de AACPD de 277,00, o menor valor, caracterizando reduzida severidade da doença, sendo melhor que as testemunhas comerciais. Os híbridos F1's provenientes dos cruzamentos entre L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2 e L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112 superaram igualmente 13 dos genótipos analisados, com valores de AACPD de 279,33 e 281,50 respectivamente. Outro híbrido F1 de destaque é o proveniente do cruzamento entre L8.4 Zaeli x L7.4 UEM M2, com AACPD de 289,16, superando estatisticamente 11 dos genótipos testados, ou seja, 27,5% dos mesmos.

Para a característica AACPDM destaca-se com o menor valor o híbrido F1 do cruzamento L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2, com 246,77 de AACPD, superando 17 dos genótipos em questão perfazendo 42,5 % deles, seguido pelos híbridos F1's dos cruzamentos L8.4 Zaeli x L7.4 UEM M2 com o valor de 252,05, L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112 com o valor de 254,55 e ainda o híbrido L7.1 UEM M2 x L7.4 UEM M2 com 254,99, superando estes 15 dos genótipos avaliados, ou seja, 37,5% deles.

Quadro 5 - Resultados associados às médias para as características área abaixo da curva de progresso da doença na folha de maior severidade (AACPD) e na média das três folhas com maior severidade (AACPDM), avaliados em testemunhas e híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca

Genótipos	AACPD	n _i *	%**	AACPDM	n _i	%
L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42	309,33	2	5,0	271,16	4	10
L1.1 Zélia x L4.4 CMS 43	353,66	1	2,5	331,22	1	2,5
L1.1 Zélia x L7.1 UEM M2	386,33	0	0	364,88	0	0
L1.1 Zélia x L8.4 Zaeli	443,00	0	0	408,94	0	0
L1.1 Zélia x L9.1 IAC 112	355,66	1	2,5	321,50	2	5,0
L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112	281,50	13	32,5	254,55	15	37,5
L1.1 Zélia x L9.3 IAC 112	381,50	0	0	344,44	0	0
L1.1 Zélia x L7.4 UEM M2	327,66	2	5,0	287,55	3	7,5
L3.2 CMS 42 x L4.4 CMS 43	371,33	0	0	336,83	0	0
L3.2 CMS 42 x L7.1 UEM M2	357,83	1	2,5	331,66	1	2,5
L3.2 CMS 42 x L8.4 Zaeli	426,83	0	0	398,55	0	0
L3.2 CMS 42 x L9.1 IAC 112	376,50	0	0	341,33	0	0
L3.2 CMS 42 x L9.2 IAC 112	300,16	6	15,0	266,99	8	20
L3.2 CMS 42 x L9.3 IAC 112	353,16	1	2,5	319,27	2	5,0
L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2	279,33	13	32,5	246,77	17	42,5
L4.4 CMS 43 x L7.1 UEM M2	333,16	2	5,0	301,61	2	5,0
L4.4 CMS 43 x L8.4 Zaeli	365,83	0	0	329,22	1	2,5
L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112	277,00	16	40,0	257,00	14	35
L4.4 CMS 43 x L9.2 IAC 112	375,33	0	0	323,38	2	5,0
L4.4 CMS 43 x L9.3 IAC 112	367,66	0	0	342,72	0	0
L4.4 CMS 43 x L7.4 UEM M2	350,50	1	2,5	319,61	2	5,0
L7.1 UEM M2 x L8.4 Zaeli	311,50	2	5,0	273,38	3	7,5
L7.1 UEM M2 x L9.1 IAC 112	335,33	2	5,0	303,66	2	5,0
L7.1 UEM M2 x L9.2 IAC 112	297,66	8	20,0	266,66	9	22,5
L7.1 UEM M2 x L9.3 IAC 112	385,50	0	0	343,94	0	0
L7.1 UEM M2 x L7.4 UEM M2	291,50	10	25,0	254,99	15	37,5
L8.4 Zaeli x L9.1 IAC 112	321,16	2	5,0	295,44	2	5,0
L8.4 Zaeli x L9.2 IAC 112	377,50	0	0	338,44	0	0
L8.4 Zaeli x L9.3 IAC 112	334,00	2	5,0	288,55	3	7,5
L8.4 Zaeli x L7.4 UEM M2	289,16	11	27,5	252,05	15	37,5
L9.1 IAC 112 x L9.2 IAC 112	369,66	0	0	340,05	0	0
L9.1 IAC 112 x L9.3 IAC 112	320,33	2	5,0	294,22	2	5,0
L9.1 IAC 112 x L7.4 UEM M2	324,00	2	5,0	293,83	2	5,0
L9.2 IAC 112 x L9.3 IAC 112	358,00	1	2,5	330,50	1	2,5
L9.2 IAC 112 x L7.4 UEM M2	296,16	9	22,5	261,72	11	27,5
L9.3 IAC 112 x L7.4 UEM M2	357,16	1	2,5	318,38	2	5,0
Zélia	323,00	2	5,0	301,72	2	5,0
Jade	295,83	9	22,5	263,50	11	27,5
IAC 112	349,50	1	2,5	306,11	2	5,0
IAC 125	382,33	0	0	343,72	0	0
Média	342,31	--	--	309,25	--	--

* = número de genótipos superados pelo genótipo i, com base no teste LSD ($p < 0,10$).

** = porcentagem de genótipos superados pelo genótipo i com base no teste LSD ($p < 0,10$).

Os valores médios de AACPD e AACPD_M foram de 342,31 e 309,25 respectivamente, porém pode-se observar que os valores máximos e mínimos de AACPD e AACPD_M foram relativamente próximos, não categorizando genótipos com alta susceptibilidade nem com alta tolerância. De acordo com Von Pinho et al. (2000) e Von Pinho et al. (2001), apesar da ferrugem tropical apresentar alta severidade em diversos trabalhos realizados, na maioria deles não se encontra valores extremos, o que demonstra que, embora exista variabilidade da resistência, esta não é tão expressiva, sendo possível que isso se deva ao fato de que a importância desta doença é recente no Brasil, o que não permitiu ainda o desenvolvimento de cultivares que apresentam alto nível de resistência.

Juliatti (2005) observou em seus experimentos que, preferencialmente em cultivares mais suscetíveis, as lesões de *Physopella zea* inicialmente formavam uma pústula primária e posteriormente formava pústulas secundárias de menor tamanho, porém em grande número, o que se deve à forma de colonização micelial do fungo, por meio de hifas secundárias intracelulares. Diferentemente, as cultivares resistentes apresentam pústulas primárias de menor tamanho e não formam pústulas secundárias. Esta característica de desenvolvimento do fungo explica altos valores de AACPD em cultivares suscetíveis que apresentam também altos valores de PAFD.

Analisando apenas as testemunhas, observa-se que a testemunha Jade é a que apresenta melhor comportamento em relação às características dos Quadros 3 e 4, apesar dela ser classificada pela Pioneer (2006) como susceptível, assim como a cultivar Zélia. As cultivares IAC 112 e IAC 125 apesar dos altos valores de severidade de doença apresentados em relação aos outros genótipos em questão (PAFD I 35,00 e 38,66; PAFD_M I 30,88 e 34,11; AACPD 349,50 e 382,33; e AACPD_M 306,11 e 343,72, respectivamente), são classificadas de acordo com IAC – Instituto Agrônomo de Campinas (2000) como moderadamente suscetíveis.

No Quadro 6 pode-se observar os resultados de análise de variância do dialelo para todos os caracteres avaliados.

Quadro 6 - Análise de variância do dialelo para os caracteres de porcentagem de área foliar doente aos 14 dias após a inoculação (PAFD I) e aos 21 dias após a inoculação (PAFD II), porcentagem de área foliar doente média aos 14 dias (PAFDM I) e aos 21 dias (PAFDM II) e área abaixo curva de progresso da doença na folha de maior severidade (AACPD) e na média das três folhas com maior severidade (AACPDM), avaliados em testemunhas comerciais e híbridos simples obtidos de cruzamentos dialélicos de linhagens de milho-pipoca

FV	GL	QM					
		PAFD I	PAFDM I	PAFD II	PAFDM II	AACPD	AACPDM
CGC	8	76,7145*	76,0822*	49,6203 ^{ns}	56,5452 ^{ns}	5733,7917 ^{ns}	5854,9343*
CEC	27	64,2452*	62,9231*	38,3549 ^{ns}	41,7380 ^{ns}	4639,8086 ^{ns}	4565,4988*
Resíduo	78	39,6198	33,5739	47,9040	43,9121	3362,7469	2904,9237

Componentes quadráticos

CGC (fixo)	1,7664	2,0242	-	-	-	140,4766
CEC (fixo)	8,2085	9,7831	-	-	-	553,5250

* - Significativo pelo teste F a 10% de probabilidade;
 ns – Não significativo pelo teste F a 10% de probabilidade;
 CGC – Capacidade Geral de Combinação;
 CEC – Capacidade Específica de Combinação.

Os resultados da análise dialélica conjunta revelaram somente diferenças significativas ($P < 0,10$) para Capacidade Geral de Combinação (CGC) e Capacidade Específica de Combinação (CEC) para os caracteres PAFD I, PAFDM I e AACPDM. Os quadrados médios significativos para as capacidades combinatórias indicam a existência de variabilidade entre os efeitos da CGC (\hat{g}_i), associados a efeitos gênicos aditivos e entre os efeitos da CEC (\hat{S}_{ij}), associados a efeitos não-aditivos. A variabilidade dos g_i permite inferir que as linhagens contribuíram diferentemente nos cruzamentos nas quais estavam envolvidas. A variabilidade entre os efeitos da S_{ij} indica que existem combinações híbridas que tiveram performance diferentes.

Os componentes quadráticos da média mostraram que os efeitos da CEC foram superiores aos da CGC para os caracteres que foram significativos. Esses resultados podem ser explicados pelo trabalho de Sprague & Tatum (1942) que afirmaram que em linhagens selecionadas, a CEC é mais importante que a CGC.

As estimativas dos efeitos de CGC (\hat{g}_i) das linhagens e o desvio-padrão da diferença entre as estimativas dos efeitos de duas linhagens encontram-se no Quadro 7. Foi considerada a existência de diferença entre os efeitos de duas linhagens quando a mesma superou em pelo menos duas vezes o desvio-padrão.

Baixo valor de \hat{g}_i indica que a média dos híbridos em que a variedade *i* participa, não difere muito da média geral do dialelo. Alto valor, positivo ou negativo, indica que a variedade *i* é muito pior ou melhor que as demais linhagens incluídas no dialelo, com relação à média de seus híbridos. Apresentará maior \hat{g}_i a linhagem que possuir maiores freqüências de alelos favoráveis à doença, assim como apresentará menor \hat{g}_i a linhagem que possuir maiores freqüências de alelos favoráveis à resistência a doença (CRUZ; VENCOVSKY, 1989).

Observou-se no Quadro 7 que as amplitudes de variação dos \hat{g}_i 's para os caracteres PAFD I, PAFDM I e AACPDm foram de 2,92, 3,17 e 3,00 vezes o desvio-padrão da diferença entre duas linhagens, respectivamente, evidenciando a existência de diferenças entre os efeitos de CGC das linhagens.

Para os caracteres PAFD I, PAFDM I e AACPDm analisados, as linhagens L9.3 IAC 112, L8.4 Zaeli e L1.1 Zélia apresentaram as maiores estimativas positivas, o que caracteriza que são as linhagens que mais contribuem para a severidade da doença. Do contrário a linhagem L7.4 UEM-M2, foi a linhagem que mais contribuiu para a resistência a doença ou que menos contribuiu para o desenvolvimento da doença.

Quadro 7 - Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) e desvios padrão (D.P.) da linhagem e da diferença entre duas linhagens para as características de porcentagem de área foliar doente aos 14 dias após a inoculação (PAFD I), porcentagem de área foliar doente média aos 14 dias (PAFDM I) e área abaixo curva de progresso da doença na média das três folhas com maior severidade (AACPD M) em linhagens de milho-pipoca, segundo método 4 de Griffing (1956)

Linhagens	PAFD I ¹	PAFDM I ¹	AACPDM ¹
L1.1 Zélia	1,46	1,57	15,05
L3.2 CMS 42	0,55	0,80	4,81
L4.4 CMS 43	0,84	1,09	8,95
L7.1 UEM-M2	-1,35	-1,31	-5,44
L8.4 Zaeli	2,13	1,66	15,09
L9.1 IAC 112	-1,11	-0,58	-4,55
L9.2 IAC 112	-1,30	-1,55	-13,79
L9.3 IAC 112	2,22	1,98	14,73
L7.4 UEM-M2	-3,44	-3,66	-34,85
DP (\hat{g}_i)	1,2950	1,1921	11,0887
DP ($\hat{g}_i - \hat{g}_j$)	1,9425	1,7881	16,6330

¹- PAFD I (porcentagem de área foliar doente I), PAFDM I (porcentagem de área foliar doente média I) e AACPD M (área abaixo curva de progresso da doença média).

As linhagens L9.2 IAC 112 e L7.1 UEM-M2 apresentam valores negativos para AACPD M, demonstrando que estas linhagens tem potencial de serem utilizadas em programas de melhoramento, pois apresentam genes favoráveis à resistência a esta doença, nada comparável com a linhagem L7.4 UEM-M2 que se mostra mais promissora.

Segundo Cruz e Vencovsky (1989) o efeito da capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) é interpretado como sendo o desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base nas capacidades gerais de combinação de suas linhagens genitoras.

As estimativas dos efeitos médios de capacidade específica de combinação (CEC) ou \hat{s}_{ij} para as características significativas PAFD I, PAFDM I e AACPDm são demonstradas no Quadro 8.

Em relação aos caracteres PAFD I, PAFDM I e AACPDm verificou-se pequenas amplitudes de variação, de 3,39, 3,46 e 3,13 vezes os desvios-padrão, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com a análise da média dos híbridos (quadro 5).

A maior estimativa positiva para CEC foi do híbrido L1.1 Zélia x L8.4 Zaeli, seguida pelos híbridos L3.2 CMS 42 x L8.4 Zaeli e L9.1 IAC 112 x L9.2 IAC 112 para as três características avaliadas, sendo estes os híbridos que apresentaram maior capacidade específica de combinação para a doença. As maiores estimativas negativas foram dos híbridos L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112, seguido pelos híbridos L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112 e L7.1 UEM M2 x L8.4 Zaeli para as características PAFD I e PAFDM I, sendo os híbridos com maior capacidade específica de combinação para resistência à doença.

Para a característica AACPDm a maior estimativa negativa foi do híbrido L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42, seguido sem diferença significativa pelos híbridos L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112 e L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112, sendo com base nesta característica os híbridos com maior capacidade específica de combinação para resistência à doença.

Quadro 8 - Estimativa dos efeitos médios de capacidade específica de combinação \hat{S}_{ij} para as características de PAFD I aos 14 dias após a inoculação, PAFDM I aos 14 dias e AACPDM das três folhas com maior severidade em híbridos de milho-pipoca, segundo método 4 de Griffing (1956)

Efeito de \hat{S}_{ij}	PAFD I	PAFDM I	AACPDM
L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42	-5,7381	-6,4087	-58,56153
L1.1 Zélia x L4.4 CMS 43	-1,3572	-0,5833	-2,64880
L1.1 Zélia x L7.1 UEM M2	4,1667	5,1627	45,41471
L1.1 Zélia x L8.4 Zaeli	8,0238	8,2898	68,93055
L1.1 Zélia x L9.1 IAC 112	0,5952	-0,3452	1,13691
L1.1 Zélia x L9.2 IAC 112	-7,5476	-6,5992	-56,56153
L1.1 Zélia x L9.3 IAC 112	0,9286	0,3056	4,79562
L1.1 Zélia x L7.4 UEM M2	0,9286	0,1786	-2,50593
L3.2 CMS 42 x L4.4 CMS 43	0,8810	0,0675	13,20040
L3.2 CMS 42 x L7.1 UEM M2	2,0715	2,1469	22,43057
L3.2 CMS 42 x L8.4 Zaeli	6,5953	7,6071	68,77978
L3.2 CMS 42 x L9.1 IAC 112	5,1667	4,7500	31,20831
L3.2 CMS 42 x L9.2 IAC 112	-3,3095	-3,6150	-33,87899
L3.2 CMS 42 x L9.3 IAC 112	-0,8334	0,0675	-10,13291
L3.2 CMS 42 x L7.4 UEM M2	-4,8333	-4,6150	-33,04563
L4.4 CMS 43 x L7.1 UEM M2	0,4524	0,4167	-11,76787
L4.4 CMS 43 x L8.4 Zaeli	0,3096	-0,0119	-4,69643
L4.4 CMS 43 x L9.1 IAC 112	-8,1190	-6,8690	-57,26783
L4.4 CMS 43 x L9.2 IAC 112	4,7382	2,8770	18,36706
L4.4 CMS 43 x L9.3 IAC 112	-0,1191	0,6707	9,16865
L4.4 CMS 43 x L7.4 UEM M2	3,2143	3,4326	35,64483
L7.1 UEM M2 x L8.4 Zaeli	-6,1667	-6,5992	-46,13296
L7.1 UEM M2 x L9.1 IAC 112	0,7381	0,2103	3,79561
L7.1 UEM M2 x L9.2 IAC 112	-4,4048	-4,1548	-23,95829
L7.1 UEM M2 x L9.3 IAC 112	3,7381	2,8612	24,78769
L7.1 UEM M2 x L7.4 UEM M2	-0,5952	-0,0437	-14,56946
L8.4 Zaeli x L9.1 IAC 112	-3,0714	-2,5515	-24,96628
L8.4 Zaeli x L9.2 IAC 112	3,7857	3,7500	27,27978
L8.4 Zaeli x L9.3 IAC 112	-4,7381	-6,2342	-51,14087
L8.4 Zaeli x L7.4 UEM M2	-4,7381	-4,2500	-38,05356
L9.1 IAC 112 x L9.2 IAC 112	5,3571	5,2262	48,54168
L9.1 IAC 112 x L9.3 IAC 112	-2,8333	-2,6468	-25,82341
L9.1 IAC 112 x L7.4 UEM M2	2,1667	2,2262	23,37501
L9.2 IAC 112 x L9.3 IAC 112	0,6905	2,2104	19,70039
L9.2 IAC 112 x L7.4 UEM M2	0,6905	0,3056	0,50990
L9.3 IAC 112 x L7.4 UEM M2	3,1667	2,7659	28,64485
DP (\hat{S}_{ij})	3,1472	2,8971	26,94867
DP ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{ik}$)	4,7581	4,3800	40,74256
DP ($\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}$)	4,3435	3,9984	37,19270

Nas análises dialélicas, deve-se escolher o híbrido de maior capacidade específica de combinação, no qual uma das linhagens genitoras apresenta a maior capacidade geral de combinação. Este híbrido resulta do cruzamento entre a linhagem selecionada com base na CGC e aquela cuja frequência de alelos favoráveis é superior à frequência média e que apresenta considerável divergência em relação à linhagem com a qual está sendo cruzada (Cruz e Vencovsky, 1989).

Pode-se observar pela análise de capacidade específica de combinação das características PAFD I, PAFDM I e AACPD que os híbridos L4.4 CMS 43 X L9.1 IAC 112 e L1.1 Zélia X L9.2 IAC 112 foram os que apresentaram melhores valores. Apesar disso os híbridos L7.1 UEM M2 X L8.4 Zaeli e L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42, também destacaram-se, mesmo não se enquadrando entre os melhores.

As estimativas de CGC indicaram valores negativos para algumas linhagens, conforme descrito anteriormente, sendo assim, pode-se inferir que estas são linhagens promissoras para utilização em trabalhos de melhoramento genético visando à obtenção de novas cultivares de milho-pipoca resistentes à ferrugem tropical.

Uma das conclusões de Von Pinho (2000) é que realizando-se avaliações em várias épocas de desenvolvimento das plantas, torna-se possível a estimativa da AACPD e em consequência torna o critério de discriminação de linhagens com relação à resistência muito mais confiável.

Pôde-se observar com a condução deste trabalho que a utilização de cruzamentos dialélicos pode ser eficaz no melhoramento visando resistência a *Physopella zae*, principalmente por indicar a existência de variabilidade nos genótipos em estudo.

5. CONCLUSÕES

As linhagens L7.4 UEM-M2, L7.1 UEM-M2 e L9.2 IAC 112 foram as que apresentaram menores valores de severidade medidos em porcentagem de área foliar afetada e área abaixo da curva de progresso da doença, podendo-se assim inferir que estas apresentam mais genes ou blocos gênicos de resistência, sendo linhagens promissoras para utilização no melhoramento genético visando resistência a *Physopella zaeae*.

Tomando-se por base as características PAFD I, PAFDM I e AACPDM juntamente, visando analisar-se a capacidade específica de combinação, os híbridos L4.4 CMS 43 X L9.1 IAC 112 e L1.1 Zélia X L9.2 IAC 112 foram os de maior destaque, não podendo deixar de lado os híbridos L7.1 UEM M2 X L8.4 Zaeli e L1.1 Zélia x L3.2 CMS 42.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANDRADE, R. A. de; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A.; SILVÉRIO, L.; PINTO, R. J. B.; TONET, A. Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Revista Acta Scientiarum*, v.24, n.5, p. 1197-1204, 2002.

BASSO, M. E. *Efeito das Doenças Ferrugem Tropical (Physopella zae) e Ferrugem Polysora (Puccinia polysora) na eficiência fotossintética de plantas de Milho*. Piracicaba, 2002. Dissertação.

BRASIL, E.M. ; CARVALHO, Y. Comportamento de híbridos de milho em relação a *Phaeosphaeria Maydis* em Diferentes Épocas de Plantio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33: p.1977-1981. 1998.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. *Melhoramento de Plantas*. 4. ed. Viçosa: UFV, p. 525, 2005.

CARVALHO, R. V. *Resistência do Milho a Physopella zae (MAINS) CUMMINS & RAMACHAR, Agente Causal da Ferrugem Tropical*. Piracicaba, 1995. Dissertação.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. Doenças da Cultura do Milho. Sete Lagoas: *Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica* 86, 14p. 2006.

CAMPBELL, C. LEE; MADDEN, LAURENCE V. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons. New York. 1990. 532 p.

COSTA, F. M.; BARRETO, M.; KOSHIKUMO, E. S. M.; ALMEIDA, F.A. Progresso da ferrugem tropical do milho (*Zea mays* L.), sob diferentes tratamentos fungicidas. *Summa Phytopathol*, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 248-252, 2008.

CRUZ, C.D.; VENCovsky, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, n.12, p.425-438, 1989.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; CORRÊA, L. A.; Manejo Cultural do Milho-Pipoca Sete Lagoas: *Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica* 42, p.7, 2004.

CRUZ, C.D.; *Programa Genes: Estatística Experimental e Matrizes*. Viçosa: Ed UFV, p.285, 2006.

FANTIN, G. M.; SAWAZAKI, E.; BARROS, B. C. Avaliação de Variedades de Milho Pipoca Quanto à Resistência a Doenças e Qualidade da Pipoca. *Summa Phytopathologica*, v.17, n.2. p.90-104, 1991.

FASOULAS, A. C. Rating Cultivars and Trials in Applied Breeding. *Euphytica*, v. 32, n. 3, p. 939-943, 1983.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. PINTO, N. F. J. A. Doenças do Milho. 2ª edição. *Potafos - Arquivo do Agrônomo*, nº 2, p. 15-18, Setembro 1995.

GALVÃO, J. C. C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G. V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Ceres*, Viçosa, v.47, p.201-218, 2000.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.*, East Melbourne, n.9, p.463-493, 1956.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. *Milho IAC 125*. 2000. Obtido via internet, www.iac.sp.gov.br, 2010.

JORNAL DA TERRA. 2008. Obtido via internet, www.jornaldaterra.com.br, 2010.

JULIATTI, F. C.; SOUZA, R. M. Efeito de Épocas de Plantio na Severidade de Doenças Foliares e produtividade de híbridos de milho. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 103-112, jan/abr, 2005.

LIMA, M.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUDIENAS, C.; SIQUEIRA, W. J.; SAWASAKI, E.; SORDI, G de. Avaliação de Resistência a Ferrugem Tropical em Linhagens de Milho. *Bragantia*, Campinas-SP, v.55, n.2, p 269-273, 1996.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z., DUDIENAS C., SAWAZAKI, E., LÜDERS R. R. Variabilidade Genética de híbridos Triplos de Milho para Resistência a Ferrugem Tropical. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.1, p.63-69, 2002.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamim Filho A.; Camargo, L. E. A.; Rezende, J. A. M. (ed). *Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. Vol 2, p. 500-516.

PIONNER. *Híbridos de Milho – Jade e Zélia*. 2006. Obtido via internet, www.pioneersementes.com.br, 2010.

PINTO, N. F. J. A.; ANGELIS, B. de; HABE, M.H. Avaliação da Eficiência de Fungicidas no Controle da Cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*) na Cultura do Milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.1, p.139-145, 2004.

PINTO, R. J. B.; KVITSCHAL, M. V.; SCAPIM, C. A.; FRACARO, M.; BIGNOTTO, L. S.; NETO, I. L. S. Análise dialéctica parcial de linhagens de milho-pipoca. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.3, p. 325-337, 2007.

REIS, E. M.; CASA, T. T.; BRESOLIN, A. R. *Manual de Diagnose e Controle de Doenças do Milho*. Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 144, 2004.

SAWAZAKI, E. A Cultura do Milho Pipoca no Brasil. *O Agrônomo* 53(2): 11-13. 2001.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs especific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, v.34, p.923-932, 1942.

TOMAZELA, A. L. *Adubação Nitrogenada e de Micronutrientes na Produtividade e Incidência de Doenças Foliares em Milho*. Piracicaba, 2005. Dissertação.

VON PINHO, R.G. *Metodologias de Avaliação, Qualificação de Danos e Controle Genético da Resistência do Milho à Puccinia polysora e Physopella zae*. Piracicaba, 1998. Tese.

VON PINHO, R.G., RAMALHO, M.A.P., SILVA, H.P., RESENDE, I.C.; POZAR, G. Danos Causados pelas Ferrugens Polissora e Tropical do Milho. *Fitopatologia Brasileira* 24: p.400-409, 1999.

VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, H. P; RESENDE, I. C. Comparação de Métodos para a Qualificação da Severidade das Ferrugens Polissora e Tropical do Milho. *Ciência Agrotec.*, Lavras, v. 24, n. 1, p. 22-37, jan/mar, 2000.

VON PINHO, R.G.; 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, março, 2001.

WHITE, D. G. *Compendium of Corn Diseases*. 3. ed. Minnesota – USA: The American Phytopathological Society, 2000.