

EFEITO DA MANCHA DE CERCOSPORA NA PRODUTIVIDADE DO MILHO SAFRINHA, NO ESTADO DE SÃO PAULO

GISÈLE MARIA FANTIN¹, AILDSON PEREIRA DUARTE², CHRISTINA DUDIENAS³,
PAULO BOLLER GALLO⁴, EDISON ULISSES RAMOS JÚNIOR⁵, FABIANA ALVES CRUZ²,
VALDIR JOSUÉ RAMOS⁵, ROGÉRIO SOARES DE FREITAS⁶, SYLMAR DENUCCI⁷ e
MARCELO TICELLI⁸

¹Instituto Biológico, C.P. 70, CEP 13.012-970, Campinas, SP, email: gisele@biologico.sp.gov.br

²Programa Milho IAC/APTA, Apta Médio Paranapanema, Caixa Postal 263, CEP 19.802-970 Assis-SP, email: aildson@apta.sp.gov.br, facruz@apta.sp.gov.br

³Instituto Agrônomo de Campinas, C.P. 28, CEP 13.012-970, Campinas-SP, email: dudienas@iac.sp.gov.br

⁴Apta Nordeste Paulista, C.P. 58, CEP 13.730-972, Mococa-SP, email: paulogallo@apta.sp.gov.br

⁵Apta Sudoeste Paulista, C.P. 62, CEP 18.300-970, Capão Bonito/Itararé-SP, email: edison@apta.sp.gov.br; vramos@apta.sp.gov.br

⁶Apta Noroeste Paulista, C.P. 61, CEP 15.500-970, Votuporanga-SP, email: freitas@apta.sp.gov.br

⁷CATI/NPS, Fazenda Potreiro, CEP 18.770-000, Águas de Santa Bárbara-SP, email: sylmar@cati.sp.gov.br

⁸Apta Alta Mogiana, Av. Rui Barbosa s/nº, CEP 14.770-000, Colina-SP, email: mticelli@apta.sp.gov.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.7, n.3, p. 231-250, 2008

RESUMO - A mancha de Cercospora é uma importante doença do milho, no Estado de São Paulo. Pela sua relevância, este trabalho objetivou avaliar a influência da severidade dessa doença sobre a produtividade do milho, nas safrinhas de 2004 a 2008. Foram conduzidos ensaios de avaliação de cultivares, com 44 a 60 híbridos simples e triplos de milho, sendo 19 ensaios em 2004, 15 em 2005, 16 em 2006, 16 em 2007 e 15 em 2008. As avaliações da severidade da doença foram feitas nas plantas, no estádio de grãos pastosos, atribuindo notas de 1 a 9 (0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e mais de 75% de área foliar afetada). Os resultados permitiram constatar correlação negativa significativa da severidade da mancha de Cercospora com a produtividade em 16 dos 35 ensaios onde a doença incidiu. Para quantificar o efeito da mancha de Cercospora sobre a produtividade nesses 16 ensaios, procurou-se minimizar a dispersão causada pelas diferenças de potencial produtivo, além de tolerância das cultivares à doença e demais fatores, agrupando-as em

classes de intensidade de doença, com base no teste de Scott-Knott a 5%, obtendo-se as médias de severidade e de produtividade em cada classe. O ajuste de equações lineares a esses dados permitiu estimar, nos intervalos estudados em cada ensaio, a redução de produtividade em função da severidade da doença, sendo que esta foi, em média, de 238 kg ha⁻¹ (4%) com nota 2; de 634 kg ha⁻¹ (11%) com nota 3; de 1.006 kg ha⁻¹ (17%) com nota 4 e de 1.574 kg ha⁻¹ (25%) com nota 5, em relação aos grupos com maior resistência à mancha de *Cercospora*, que apresentaram nota média de 1,4 e produtividade média de 5.655 kg ha⁻¹. Esses resultados indicam que, a partir de baixas severidades da mancha de *Cercospora*, já podem ser observadas reduções na produtividade do milho e demonstram a importância do uso da resistência genética no controle da doença e na redução dos danos à produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Cercospora zae-maydis*, *Zea mays* L., cercosporiose, doença, dano.

EFFECT OF GRAY LEAF SPOT ON SECOND-SEASON MAIZE GRAIN YIELD IN SÃO PAULO STATE

ABSTRACT - Gray leaf spot is an important maize disease in São Paulo State. Due to its relevance, the effect of this disease on maize grain yield was studied during the 2004 to 2008 autumn-winter seasons. Experiments were carried out to evaluate corn cultivars, comprising 44 to 60 simple and triple hybrids, being 19 trials in 2004, 15 in 2005, 16 in 2006, 16 in 2007 and 15 in 2008. The evaluations of disease severity were done at the kernel dough stage, ascribing notes 1 to 9 (for 0%; 1%; 2.5%; 5%; 10%; 25%; 50%; 75% and more than 75% affected leaf area, respectively). Significant negative correlation between gray leaf spot severity and grain yield was detected in 16 of the 35 trials where the disease occurred. In order to quantify the effect of gray leaf spot on yield of these 16 trials, attempting to minimize the dispersion caused by differences of yield potential, cultivars tolerance to the disease and other factors, cultivars were grouped into categories of disease intensity based on the Scott-Knott test at 5%, and means for severity and yield were calculated for each category. The adjustment of linear equations to these data allowed to estimate the yield reduction as a function of disease severity, for the intervals studied in each trial, that was on average 238 kg ha⁻¹ (4%) with note 2, 634 kg ha⁻¹ (11%) with note 3, 1006 kg ha⁻¹ (17%) with note 4 and 1574 kg ha⁻¹ with note 5, in relation to the groups with greatest gray leaf spot resistance which showed mean note 1.4 and mean grain yield 5655 kg ha⁻¹. These results indicate that even with low disease severity a significant maize

yield loss can be observed, demonstrating the importance of the use of genetic resistance in the control of gray leaf spot and to reduce losses in maize grain yield.

Key words: *Cercospora zae-maydis*, *Zea mays* L., gray leaf spot, disease, loss.

A mancha de *Cercospora* foi inicialmente relatada, no Estado de São Paulo, na safra de 2000/2001 e, desde então, vem ocorrendo de forma generalizada, causando expressivas reduções de produtividade às lavouras de milho desse estado (Fantin, 2004). Ocorre tanto na safra de verão como na safrinha, sendo, em geral, mais severa na safrinha (Brunelli, 2004). Essa doença também tem acarretado danos expressivos ao milho em outros estados brasileiros (Fantin et al., 2001; Pinto et al., 2004; Souza, 2005; Reis et al., 2007; Brito et al., 2007). Conhecida internacionalmente como *gray leaf spot*, é uma doença de grande importância para a cultura do milho e considerada como uma das que mais limitam a produtividade dessa cultura no mundo (Ward et al., 1999).

Pode ser causada pelas espécies do fungo do gênero *Cercospora* denominadas: *C. zae-maydis* Tehon & E. Y. Daniels (grupos I e II) e *C. sorghi* var. *maydis* Ellis & Everh. (White, 2000). A maior parte das lesões observadas nas regiões produtoras de milho do centro-sul brasileiro tem sido atribuída à espécie *C. zae-maydis*, indicando ser a mais eficiente na infecção e colonização do hospedeiro (Fantin et al., 2001). Recentemente, Crous et

al. (2006) consideraram o grupo II de *C. zae-maydis* como uma espécie distinta, a qual denominaram *C. zeina* Crous & U. Braun sp. nov.

Quanto ao clima, o desenvolvimento da cercosporiose requer umidade relativa acima de 95%, dada pela presença de orvalho e de neblina em dias consecutivos, ou por períodos prolongados de chuvas, que propiciem dias nublados, associados a temperaturas moderadas a altas, entre 22 e 30°C. Tais condições ocorrem comumente no Brasil e são mais frequentes nas regiões com altitudes superiores a 600 metros ou que apresentem noites frias, levando à formação de orvalho, que contribui para manter umidade elevada nas folhas por várias horas após o amanhecer. Em condições desfavoráveis, a doença paralisa seu desenvolvimento, mas este é retomado rapidamente assim que o ambiente volta a ser favorável (White, 2000).

Este trabalho visou estudar a influência da mancha de *Cercospora* sobre a produtividade do milho durante as safrinhas de 2004 a 2008, no Estado de São Paulo, através da quantificação dos danos à produção de grãos, em função da porcentagem de área foliar afetada pela doença.

Material e Métodos

Foram conduzidos, no Estado de São Paulo, ensaios regionais de avaliação de cultivares de milho safrinha, empregando híbridos de milho em uso pelos agricultores ou recém-lançados comercialmente, através do “Programa Milho e Sorgo IAC/APTA”, sendo dezanove experimentos em 2004, quinze em 2005, dezesseis em 2006, dezesseis em 2007 e quinze em 2008.

Os experimentos foram instalados entre 23/02 e 27/03, em 2004, de 9 a 31/03, em 2005, de 11/03 a 03/04, em 2006, de 9 a 29/03, em 2007, e de 8 a 31/03, em 2008, sendo a maioria na primeira quinzena de março. Empregou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com três repetições e 44 a 60 híbridos simples e triplos de milho. Foram utilizadas as variedades AL Bandeirante ou AL Piratininga como padrões. As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 5 m, com espaçamento de 80 a 90 cm entre linhas e população inicial de 50.000 a 52.500 plantas por hectare. Aproximadamente 60% dos híbridos foram comuns em anos subsequentes e 25% nos cinco anos.

A mancha de *Cercospora* foi quantificada nos ensaios onde apresentou ocorrência com severidade suficiente para discriminar os híbridos. As avaliações foram feitas nas duas linhas centrais das parcelas, aproximadamente

95 a 115 dias após a semeadura das plantas, quando estas se apresentavam no estágio de grãos pastosos, exceto em Cruzália, em 2006, quando a avaliação foi realizada no estágio de grãos farináceos. A severidade da doença nos ensaios foi estimada com o auxílio da escala diagramática Agrocerec (Agrocerec, 1993), através de notas de 1 a 9, correspondendo a 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e mais de 75% de área foliar afetada, respectivamente, atribuindo-se uma nota à parcela. Obteve-se a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) corrigindo-se a umidade para 13%.

Foi realizada análise de variância dos valores de severidade da doença e de produtividade dos híbridos. Obteve-se o coeficiente de correlação fenotípica (r) entre a severidade da doença e a produtividade em cada ensaio (cálculo obtido utilizando-se a média das três repetições dessas variáveis de cada híbrido) e a significância dessas correlações. A comparação de médias da severidade foi feita pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, através do programa SASM-Agri (Canteri *et al.*, 2001) e da produtividade, pelo teste de Tukey, também a 5%. Para a análise, os dados de severidade foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

Os ensaios nos quais houve correlação significativa da severidade da doença com a produtividade foram utilizados para quantificar a influência da doença sobre a produtividade do

milho. Para o cálculo, procurou-se minimizar o efeito de dispersão causada pelas diferenças de potencial produtivo e de tolerância das cultivares à doença e pelos demais fatores alheios ao objetivo do estudo (fatores do acaso, entre eles, outras doenças), agrupando-os em classes de intensidade de doença, com base no agrupamento obtido com o teste de Scott-Knott, a 5%. Foram obtidas as médias de severidade e de produtividade em cada classe. Obtiveram-se, ainda, para cada um desses ensaios, equações lineares ajustadas aos valores da produtividade média dos grupos de cultivares, em função da média da severidade, para os intervalos em estudo, e os coeficientes de determinação (R^2) do ajuste das retas aos dados.

Utilizando as equações obtidas, foram calculadas as reduções de produtividade em relação ao grupo mais resistente, correspondentes às notas de severidade da mancha de *Cercospora*, para cada um dos ensaios, nos respectivos intervalos de severidade estudados. A partir desses valores, obteve-se a redução média de produtividade em função dos níveis de severidade da doença no intervalo estudado. Foram incluídos, para o cálculo, experimentos em que foram obtidas pelo menos três classes de severidade de doença e em que a classe mais suscetível apresentou, pelo menos, nota 2.

Resultados e Discussão

Durante a safrinha de 2004, o clima no Estado de São Paulo foi muito chuvoso, especialmente após o florescimento das plantas, tornando o ambiente bastante predisponente à ocorrência de epidemias da mancha de *Cercospora*. Em 2005, as chuvas foram mais reduzidas e mal distribuídas durante o ciclo da cultura, havendo um breve período de chuvas durante o florescimento das plantas, sobretudo na região do Médio Vale do Paranapanema, sendo que o desenvolvimento de epidemias da mancha de *Cercospora* foi pouco favorecido na maior parte das regiões.

Em 2006, o ambiente foi notadamente seco, desfavorecendo a ocorrência de manchas foliares em todo o estado. O desenvolvimento de epidemias da cercosporiose foi limitado, não chegando a ser detectadas reduções significativas da produtividade nos locais de ocorrência dessa doença. Em 2007, o desenvolvimento de doenças foliares também foi restringido, devido à escassez de chuvas durante o período de enchimento de grãos do milho, e o efeito da mancha de *Cercospora* sobre a produtividade foi pouco evidente. Em 2008, as chuvas foram bem distribuídas, com estiagem apenas durante o mês de julho, na maior parte das localidades, sendo o ambiente bastante favorável a epidemias de doenças foliares. Nesse ano, a cercosporiose ocorreu

com severidade moderada a alta, na maioria dos locais.

A mancha de *Cercospora* ocorreu em onze ensaios, em 2004, quatro em 2005, três em 2006, cinco em 2007 e doze em 2008, correspondendo a 58%, 27%, 38%, 32% e 80% dos ensaios em cada ano, respectivamente. A severidade da doença e a produtividade média dos ensaios e a correlação entre essas variáveis estão apresentadas na Tabela 1.

Em geral, nos ensaios em que a mancha de *Cercospora* se evidenciou ou apresentou severidade semelhante ao conjunto das demais doenças, mesmo que moderada a baixa, foi verificada correlação significativa desta com a produtividade.

Em 2004, a cercosporiose apresentou elevada severidade nos ensaios de Cruzália e Palmital, ocorrendo também a mancha branca (*Phaeosphaeria maydis*), em baixa severidade, sendo obtidas correlações altamente significativas entre a doença em estudo e a produtividade, em ambos os locais. Nesse ano, a principal doença nos ensaios de Manduri, Itaberá, Ipuã, São José da Bela Vista e Capão Bonito foi a mancha branca; em Florínea e Cândido Mota, a ferrugem comum e, em Votuporanga, a ferrugem polissora (*Puccinia polissora*), o que deve ter impedido ou dificultado a observação do efeito da cercosporiose na produtividade da maioria desses ensaios. Por outro lado, em Mococa, a mancha de *Cercospora* ocorreu

com severidade semelhante à da mancha branca, o que, provavelmente, possibilitou observar alta correlação entre a cercosporiose e a produtividade nesse ensaio. Em 2005, a mancha branca também se evidenciou em relação à cercosporiose nos locais de experimentação, sendo que, em Palmital, a correlação foi fracamente significativa e em Manduri, provavelmente pela maior severidade da cercosporiose em comparação aos demais locais, obteve-se correlação altamente significativa entre a doença em estudo e a produtividade (Tabela 1).

Em 2006, a doença predominante foi a ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), com elevados reflexos na produtividade, em várias localidades. Nesse ano, a severidade da cercosporiose foi muito baixa, inclusive em Cruzália, onde os valores de severidade obtidos foram mais elevados que os dos demais locais, pela avaliação tardia, não sendo observado efeito da doença na produtividade do milho. Em 2007, o efeito da cercosporiose, fracamente significativo, foi observado apenas em Palmital. A queima de turcicum e a mancha branca ocorreram com severidade elevada em Capão Bonito e moderada, em Cruzália e Palmital, de forma que a severidade das duas doenças juntas se sobrepuiu ou se equiparou à da cercosporiose, fato semelhante ocorrendo em Iepê, em relação à severidade da mancha branca e da ferrugem polissora. A ocorrência concomitante dessas doenças, provavelmente

TABELA 1. Severidade da mancha de *Cercospora* e produtividade de híbridos simples e triplos de milho, em ensaios conduzidos durante as safrinhas de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008, no Estado de São Paulo, e valores da correlação fenotípica entre a severidade e a produtividade.

Ano	Local	Mancha de <i>Cercospora</i> (notas)		Produtividade (kg ha ⁻¹)			r ^{1,2}
		média	intervalo	média	intervalo	d.m.s.	
2004	Palmital	3,7	1,5 – 5,3	4.492	3.134 – 5.622	1.175	-0,40**
	Cruzália	2,9	1,2 – 4,7	4.506	3.608 – 5.746	1.235	-0,46***
	Manduri	2,3	1,2 – 4,3	4.203	3.065 – 5.148	1.289	ns
	Itaberá	2,3	1,0 – 3,5	2.651	1.547 – 3.845	1.526	ns
	Florínea	2,1	1,2 – 3,5	5.847	3.800 – 7.257	1.586	ns
	Capão Bonito	2,0	1,3 – 2,9	3.991	2.896 – 5.299	1.691	-0,56***
	Cândido Mota	2,0	1,1 – 3,5	5.425	3.833 – 6.745	1.573	-0,30*
	Mococa	2,8	1,2 – 5,3	5.950	4.063 – 7.622	1.904	-0,58***
	Votuporanga	2,2	1,2 – 3,8	6.337	4.472 – 9.123	1.537	ns
	Ipuã	2,0	1,0 – 3,1	5.410	4.206 – 6.558	1.604	ns
São José da Bela Vista	1,7	1,0 – 3,0	3.288	2.044 – 4.800	1.581	ns	
2005	Manduri	2,2	1,2 – 3,8	4.408	3.298 – 6.250	1.436	-0,44**
	Palmital	1,6	1,0 – 2,3	3.659	2.519 – 4.681	1.665	-0,31*
	Florínea	1,5	1,0 – 2,5	4.473	3.559 – 5.785	1.742	ns
	Cruzália	1,3	1,0 – 2,3	3.380	1.878 – 4.982	1.708	ns
2006	Cruzália	2,6	1,2 – 4,0	3.151	1.519 – 4.209	1.983	ns
	Palmital	1,3	1,0 – 2,0	1.856	796 – 2.620	1.488	ns
	Itararé	1,2	1,0 – 2,8	2.773	1.472 – 4.430	1.118	ns
2007	Cruzália	2,3	1,0 – 3,5	4.991	3.888 – 5.889	1.278	ns
	Palmital	2,0	1,0 – 3,3	5.030	3.888 – 5.919	1.582	-0,30*
	Pedrinhas Paulista	1,9	1,0 – 3,0	5.371	4.288 – 6.780	1.457	ns
	Capão Bonito	1,8	1,1 – 2,7	4.236	2.244 – 5.819	1.563	ns
	Iepê	1,7	1,0 – 2,2	4.455	3.590 – 5.594	1.786	ns
2008	Manduri	3,4	1,4 – 6,0	5.655	4.028 – 8.405	1.515	-0,74***
	Capão Bonito	2,9	1,3 – 4,3	3.412	1.618 – 6.739	1.297	-0,73***
	Campos Novos Paulista	2,9	1,0 – 5,3	6.184	3.888 – 7.785	1.603	-0,30*
	Palmital	2,7	1,2 – 6,3	4.851	3.197 – 6.772	1.165	-0,57***
	Cruzália	2,4	1,2 – 5,3	5.738	3.957 – 7.090	1.502	-0,67***
	Maracaí	2,3	1,1 – 4,8	5.609	3.808 – 7.190	1.384	-0,27*
	Iepê	2,0	1,1 – 4,0	4.810	3.419 – 6.372	1.396	ns
	Pedrinhas Paulista	1,9	1,2 – 3,6	6.139	5.009 – 7.503	1.351	-0,27*
	Ribeirão do Sul	1,8	1,1 – 3,8	4.461	2.214 – 5.799	1.797	ns
	Cândido Mota	1,5	1,0 – 2,7	5.114	3.153 – 7.367	1.983	-0,35**
Guaíra	1,4	1,0 – 2,0	4.366	3.006 – 5.366	1.613	ns	
Votuporanga	1,2	1,0 – 1,6	6.245	4.414 – 7.310	1.519	ns	

¹r = coeficiente de correlação fenotípica.

²nível de significância pelo teste t: * = 0,05; ** = 0,01; *** = 0,001; ns = não significativo.

associada às diferenças de potencial produtivo dos híbridos, devem ter levado à ausência da correlação em estudo, na maioria desses locais. Nesse mesmo ano, em Pedrinhas Paulista, além da cercosporiose, ocorreu apenas a mancha branca, em muito baixa severidade, de forma que a ausência de correlação da doença em estudo com a produtividade pode ter sido causada por uma maior expressão das demais características genéticas dos híbridos ou por fatores não determinados (Tabela 1).

Em 2008, a mancha de *Cercospora* foi uma das principais doenças que ocorreram nos experimentos, sendo que esta se destacou, pela elevada severidade, em Manduri, onde também ocorreu, em baixa severidade, apenas a mancha branca, permitindo verificar uma forte relação entre a severidade dessa doença e a produtividade. Em Capão Bonito, também foi encontrada correlação altamente significativa entre a cercosporiose e a produtividade, apesar da ocorrência concomitante da queima de turcicum e da mancha branca, cada uma delas, com severidade elevada, semelhante à da cercosporiose. Em Palmital e Cruzália, apesar da queima de turcicum e da ferrugem comum apresentarem severidade moderada, a correlação da cercosporiose, mais severa, com a produtividade também foi altamente significativa. Em Cândido Mota, provavelmente pela ocorrência da queima de turcicum e da ferrugem comum em severidade mais elevada

que a cercosporiose, houve menor significância da correlação estudada, em relação aos ensaios desse ano anteriormente citados (Tabela 1).

Nesse mesmo ano, nos ensaios em Campos Novos Paulista, a cercosporiose ocorreu com elevada severidade, mas a ocorrência concomitante de outras três doenças, queima de turcicum, ferrugem comum e ferrugem tropical (*Physopella zae*), embora com baixa severidade, associada a demais fatores não determinados, podem ter sido a causa da obtenção de uma correlação de baixa significância. Nos ensaios em Maracá e Iepê, apesar da moderada severidade da mancha de *Cercospora*, ocorreram, também em menor severidade, a ferrugem comum e a queima de turcicum, e, ainda, foram notados danos causados pela lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, o que deve ter interferido na correlação em estudo, que foi fracamente significativa em Maracá e não significativa em Iepê. Nos experimentos de Pedrinhas Paulista e Ribeirão do Sul, a severidade moderada a baixa da cercosporiose teve seu efeito sobre a produtividade influenciado pela queima de turcicum e ferrugem comum, mesmo em baixas severidades, juntamente com outros fatores não determinados, que, provavelmente, levaram às correlações próximas do limite da significância ou não significativas encontradas. Em Guaira e Votuporanga, ocorreram, além da mancha de *Cercospora* e da mancha branca, em ambos

os ensaios, a ferrugem tropical, em Guaíra, e a ferrugem comum, em Votuporanga, e todas as doenças apresentaram baixa severidade, o que, provavelmente, não permitiu que fosse observada correlação da cercosporiose com a produtividade (Tabela 1).

Dessa forma, a incidência de outras doenças, pragas e vários outros fatores do acaso nos experimentos pode ter limitado o desenvolvimento da cercosporiose e/ou mascarado parcialmente o efeito dessa na produção de grãos.

As características genéticas dos híbridos, especialmente as diferenças de potencial produtivo e de tolerância às doenças, também são fatores que devem ter tido uma grande influência na detecção das correlações em estudo. Ainda assim, foi possível constatar correlação significativa do efeito da cercosporiose na produtividade dos híbridos em 16 dos 35 ensaios em que essa doença incidiu (Tabela 1).

Os híbridos, dos ensaios em que houve as melhores correlações da severidade da doença com a produtividade, em cada ano, agrupados em classes de severidade da doença, de acordo com o teste de Scott-Knott, a 5%, e as respectivas produtividades das classes, estão apresentados nas Tabelas 2 a 5.

Observou-se, nos experimentos com os mesmos híbridos, conduzidos em um

mesmo ano, que a reação de resistência ou suscetibilidade desses foi semelhante nos diversos ensaios, demonstrando a ausência de interação diferencial, não indicando a presença de raças do patógeno, em concordância com White (2000) e Brunelli (2004).

A produtividade média de cada um dos grupos de cultivares com distintos graus de resistência a essa doença, em função da severidade média nesses grupos, a reta ajustada aos dados, sua equação, e os valores de coeficiente de determinação (R^2) obtidos nos ensaios em que foi observada correlação significativa entre a mancha de *Cercospora* e a produtividade, estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

Foram obtidos valores elevados do coeficiente de determinação (R^2), para a maioria dos locais, de 0,90 a 0,99, indicando que 90 a 99% das variações da produtividade entre os grupos de híbridos são explicadas pelas variações da severidade da mancha de *Cercospora* (Figuras 1 e 2).

Em alguns ensaios, encontraram-se menores valores do R^2 , como em Cândido Mota, em 2004 (Figura 1), onde houve elevada severidade da ferrugem comum e a cercosporiose explicou apenas 62% da diferença de produtividade entre os grupos de híbridos com diferentes níveis de resistência à doença. Nesse mesmo local, em 2008

TABELA 2. Severidade da mancha de Cercospora e produtividade de classes de híbridos simples e triplos de milho, classificados com base no agrupamento de médias do teste de Scott-Knott a 5%, aplicado às notas de severidade da doença, em ensaio conduzido durante a safrinha de 2004, em Mococa, no Estado de São Paulo.

Classe ¹	Relação de híbridos em ordem crescente de severidade, em Mococa, na safrinha de 2004	Mancha de Cercospora (notas)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
		média	intervalo	média	intervalo
R	A 2555, BRS 1030, AG 7040 e XB 7012	1,4	1,2 – 1,6	6.524	5.641 – 7.167
MR	DKB 466, BRS 1010, 30F87, DKB 350, 30K75, BRS 1001, NB 7361, AG 7000, XB 7011, AG 7575, AS 1548, Cargo, DKB 566, DKB 979, DKB 390, 30P70 e CD 307	2,2	1,8 – 2,6	6.292	4.639 – 7.622
MS	AGN 32A43, AG 5020, Valent, DKB 747, DAS 2C599, Garra, Fort, DG 501, DAS 2B710, DAS 9560, AGN 3150, AGN 34A11, DKB 330 e AS 3430	2,9	2,7 – 3,2	5.828	5.030 – 6.607
S	AL Bandeirante, Tork, 30F98, AGN 22A29, 30F90, DAS CO 32, DAS 2B619, Exceler, CD 306, DAS 8480, DAS 2C577 e Master	3,6	3,4 – 4,2	5.457	4.063 – 6.919
AS	AG 9010	5,3	5,3	4.685	4.685

¹R = mais resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente suscetível; S = suscetível; AS = altamente suscetível.

(Figura 2), a queima de turcicum e a ferrugem comum incidiram com alta intensidade e a cercosporiose explicou somente 81% da diferença de produtividade entre os grupos. Também em Palmital, em 2005 (Figura 1), provavelmente pela baixa severidade da mancha de Cercospora e pela ocorrência da mancha branca com severidade moderada, houve influência na determinação do efeito da

cercosporiose na produtividade, sendo obtido R² de 0,84. Em Campos Novos Paulista e Pedrinhas Paulista, em 2008, a cercosporiose explicou apenas 64% e 81%, respectivamente, da variação da produtividade, sendo esses menores valores de R² provavelmente devido, em grande parte, a fatores do acaso não determinados, pois a severidade das demais doenças nesses ensaios foi baixa.

As equações lineares ajustadas às médias dos grupos, em cada um dos experimentos das Figuras 1 e 2 (exceto Capão Bonito, em 2004, e Palmital, em 2005, pela baixa severidade) permitiram estimar, nos intervalos estudados em cada ensaio, a redução de produtividade em função da severidade da mancha de *Cercospora*, avaliada em plantas no estádio de grãos pastosos.

Esta redução foi, em média, de 238 kg ha⁻¹ (4%) com nota 2 (1% de área foliar afetada – AFA), de 634 kg ha⁻¹ (11%) com nota 3 (2,5%

AFA), de 1.006 kg ha⁻¹ (17%) com nota 4 (5% AFA) e de 1.574 kg ha⁻¹ (25%) com nota 5 (10% AFA) em relação aos grupos com menor severidade da doença, que apresentaram nota média de 1,4 e produtividade média de 5.655 kg ha⁻¹.

Vários estudos também têm demonstrado a redução da produtividade do milho causada pela cercosporiose, embora, na maioria das vezes, os resultados não sejam comparáveis, por diferenças nos métodos utilizados para a avaliação da doença, como nos trabalhos

TABELA 3. Severidade da mancha de *Cercospora* e produtividade de classes de híbridos simples e triplos de milho, classificados com base no agrupamento de médias do teste de Scott-Knott a 5%, aplicado às notas de severidade da doença, em ensaio conduzido durante a safrinha de 2005, em Manduri, no Estado de São Paulo.

Classe ¹	Relação de híbridos, em ordem crescente de severidade, em Manduri, na safrinha de 2005	Mancha de <i>Cercospora</i> (notas)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
		média	intervalo	média	intervalo
R	HS 1987, BRS 1030, BRS 1010, DKB 393, HS 1081, A 2555, 30S40, 30P70 e A 2450	1,3	1,2 – 1,4	5.028	3.784 – 6.250
I	AG 7000, GNZ 2004, DKB 350, DKB 466, BRS 3003, AGN 34A11, BRS 1001, DKB 979 e AG 5011	1,9	1,7 – 2,2	4.705	3.858 – 5.503
S	AL Bandeirante, AS 1548, Somma, AG 7575, DAS 625X, DG 501, AG 5020, BM 1201, GNZ 2005, XB 7110, AGN 20A20, Garra, Maximus, XB 7253, 30F98, 30F80, 30K75, DAS 9560, SHS 5070, Valent, 30F90, DAS 2C599, DKB 330, DKB 390, Tork, AS 3466 TOP, 3021, Exceler, Fort e DAS 2B710	2,9	2,3 – 3,8	4.133	3.298 – 5.383

¹R = mais resistente; I = resistência intermediária; S = mais suscetível.

TABELA 4. Severidade da mancha de *Cercospora* e produtividade de classes de híbridos simples e triplos de milho, classificados com base no agrupamento de médias do teste de Scott-Knott a 5%, aplicado às notas de severidade da doença, em ensaio conduzido durante a safrinha de 2007, em Palmital, no Estado de São Paulo.

Classe ¹	Relação de híbridos, em ordem crescente de severidade, em Palmital, na safrinha de 2007	Mancha de <i>Cercospora</i> (notas)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
		média	intervalo	média	intervalo
R	BX 974, BRS 1030, Impacto, A 2555, 30F87, BRS 1035, BRS 1031, BRS 1010, AS 1567, XGN 6110, BM 810, AG 7000 e AG 8088	1,2	1,0 – 1,5	5.188	4.326 – 5.795
MR	DKB 330, DKB 979, AG 7010, DKB 350, Riber 031, Riber 030 e Somma	1,7	1,7 – 1,9	5.134	4.550 – 5.567
MS	DKB 390, Balu 7414, AS 1570, AS 1548, AS 1535, AL Bandeirante, AGN 20A20, AG 5020, AS 1575, 2B587, 2B710, BMX 67, Elite e SG 6010	2,2	2,0 – 2,4	4.988	3.888 – 5.919
S	Exceler, 30K75, AGN 20A06, SHX 7129, FTH 510, 2B688, Garra, FTH 950, 2C520 e AGN 30A06	2,7	2,5 – 3,3	4.808	4.103 – 5.523

¹R = mais resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente suscetível; S = mais suscetível.

realizados por Ward et al. (1999), Pinto et al. (2004) e Reis et al.(2007).

Ward et al. (1999) descrevem um trabalho em que quatro híbridos de milho foram inoculados em diferentes estádios de desenvolvimento, para se obter epidemias da cercosporiose em intensidades variáveis. Os autores observaram que a severidade da doença, avaliada no terço médio das plantas (folhas 6 a 10), quando estas se apresentavam

no final do estágio de grão pastoso, explicaram aproximadamente 90% da variação na produtividade. Observaram, também, que, para cada 1% de aumento na severidade da doença, no híbrido suscetível, a produtividade foi reduzida em 47,6 kg.ha⁻¹ ($y = -47,6 x + 8767$; em que y = produtividade em kg.ha⁻¹ e x = porcentagem de área foliar afetada pela doença; $R^2 = 0,90$) e, no híbrido moderadamente tolerante, a redução foi de 35,7 kg.ha⁻¹ ($y = -35,7 x + 9246$; $R^2 = 0,89$).

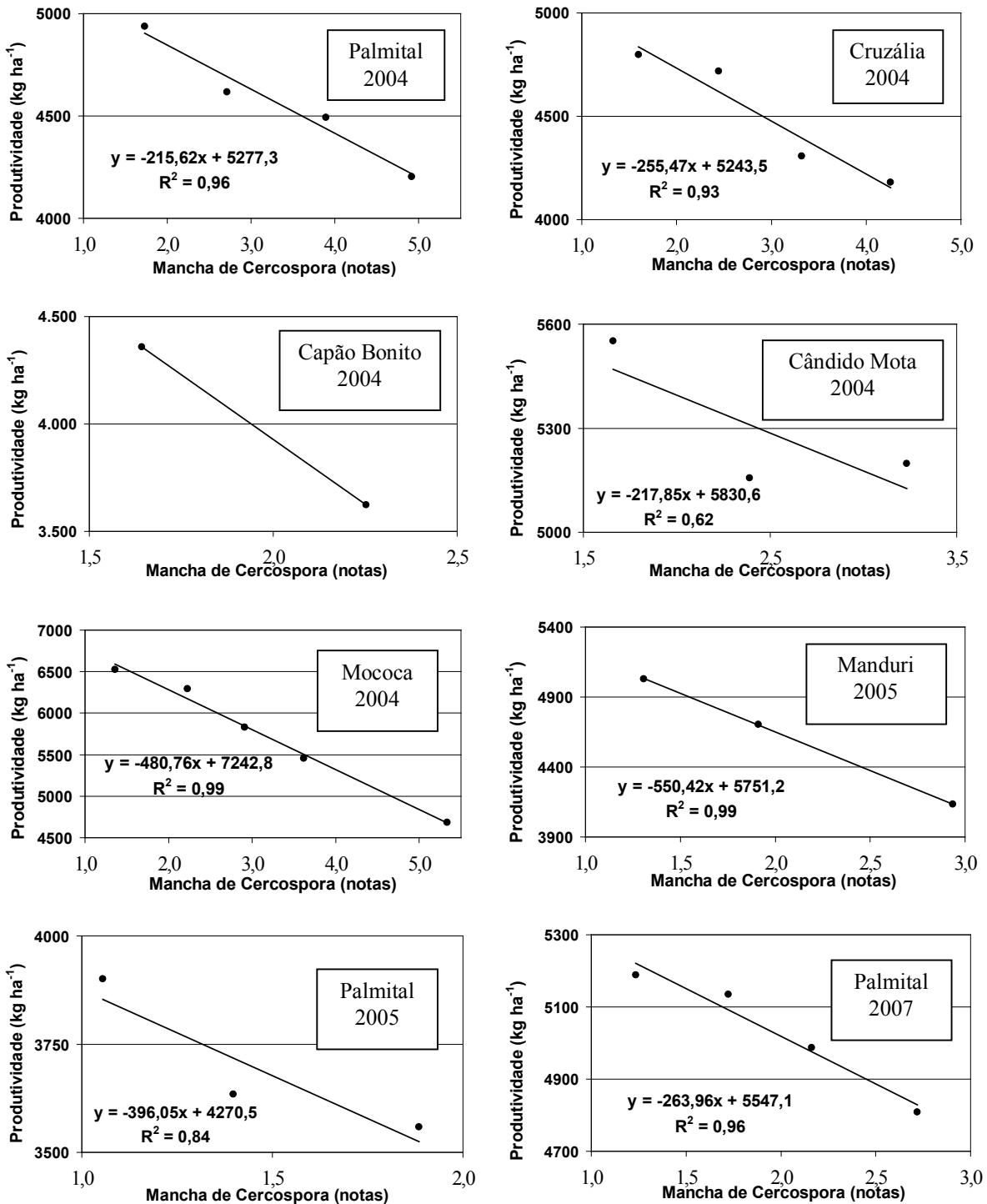


FIGURA 1. Produtividade média de classes de híbridos de milho, agrupados com auxílio do teste de Scott-Knott (5%), em função dos valores médios da severidade da mancha de Cercospora, avaliada no estágio de grãos pastosos das plantas, em ensaios conduzidos em municípios do Estado de São Paulo, nas safrinhas de 2004, 2005 e 2007.

TABELA 5. Severidade da mancha de Cercospora e produtividade de classes de híbridos simples e triplos de milho, classificados com base no agrupamento de médias do teste de Scott-Knott a 5%, aplicado às notas de severidade da doença, em ensaio conduzido durante a safrinha de 2008, em Manduri, no Estado de São Paulo.

Classe ¹	Relação de híbridos, em ordem crescente de severidade, em Manduri, na safrinha de 2008	Mancha de Cercospora (notas)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
		média	intervalo	média	intervalo
AR	BRS 1030, GNZ 9501, AS 3421, DKB 370, AS 1596 e A 2555	1,6	1,4 – 1,7	7.162	5.704 – 8.379
R	AG 5055, 22T11, AG 7088 e BX 1255	2,1	2,0 – 2,2	6.479	4.751 – 8.405
MR	AG 7000, Omega, 30F87, Elite, 30S31, DKB 350, DKB 177, DG 627, 30F35, DKB 979, AG 8088, BM 810, Impacto, RB 9108, AS 1567, DG 501, GNZ 2500 e SG 6015	2,8	2,3 – 3,2	6.048	5.176 – 7.084
MS	Balu 580, AS 1570, AG 5020, AGN 30A08, Garra, RB 9308, Somma, AGN 20A20, AL Piratininga, XB 6012, 2B710, 2B587, AS 1577, 30K75, AGN 20A06, AS 1540, PZ 242, DKB 330 e DKB 390	3,9	3,4 – 4,2	5.213	4.469 – 6.022
S	AS 1590, NB 7324, SG 6010, 2B707, AS 1535, BM 620, CD 319, Exceler, CD 351 e 2B688	4,6	4,3 – 4,8	5.037	4.179 – 6.078
AS	CD 321, 22T10 e AGN 30A06	5,5	5,2 – 6,0	4.040	4.028 – 4.049

¹AR = altamente resistente; R = resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente suscetível; S = suscetível; AS = altamente suscetível.

Pinto et al. (2004) estudaram o efeito da cercosporiose sobre a produtividade da cultivar de milho Avant, com o uso de diferentes fungicidas. Para a avaliação da severidade da doença, foi utilizada uma escala de notas descritiva, de 0 a 5, em que 0 = sem sintomas e 5 = todas as folhas mortas. Os autores observaram aumento de produtividade de

1.122 a 1.572 kg ha⁻¹, correspondendo a 28 a 39%, em relação à testemunha, que apresentou elevada intensidade da cercosporiose.

Reis et al. (2007), em experimentos realizados durante a safrinha, combinando diferentes números de aplicações e doses do fungicida para gerar um gradiente da cercosporiose nos híbridos Avant, Fort e

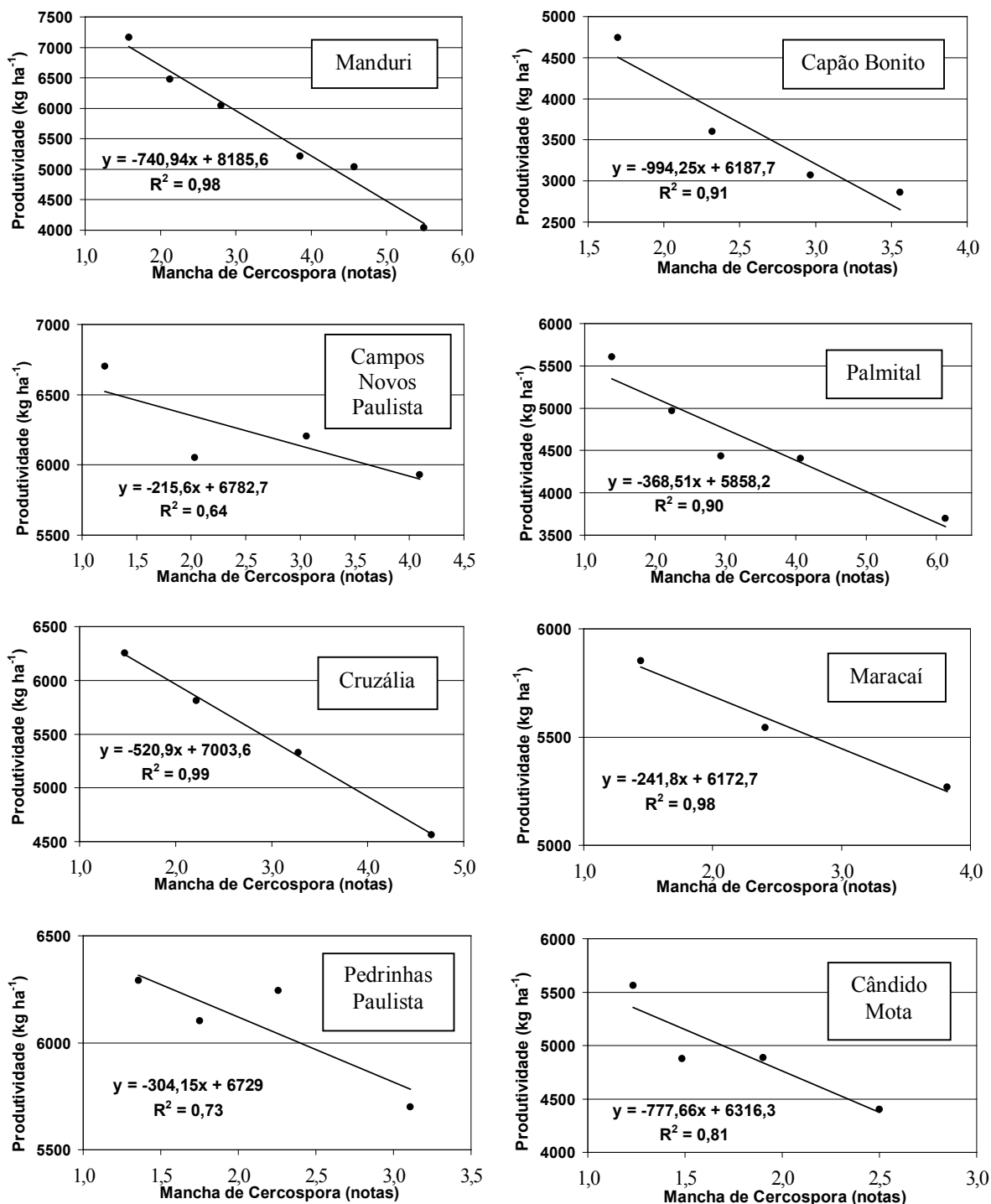


FIGURA 2. Produtividade média de classes de híbridos de milho, agrupados com auxílio do teste de Scott-Knott (5%), em função dos valores médios da severidade da mancha de Cercospora, avaliada no estágio de grãos pastosos das plantas, em ensaios conduzidos em municípios do Estado de São Paulo na safra 2008.

Exceller, quantificaram a incidência da doença pela contagem do número de lesões nas folhas da espiga, duas acima e duas abaixo, quando as plantas se apresentavam no estágio de grãos pastosos. Os autores encontraram alta correlação entre a doença e a produtividade nos dois primeiros híbridos e obtiveram as seguintes equações para representar o dano: $y = -6,68 x + 5.910$ ($R^2 = 0,99$) e $y = -4,67 x + 5.910$ ($R^2 = 0,94$) para os híbridos Avant e Fort, respectivamente, em que $y =$ produtividade em kg.ha^{-1} e $x =$ média do número de lesões nas cinco folhas avaliadas.

A época de avaliação de doenças também é um fator importante na quantificação do dano à produtividade. O estágio de desenvolvimento da cultura no qual a intensidade da doença presente está altamente correlacionada com o dano futuro é denominado ponto crítico (Bergamin *et al.*, 1995). Estudos de avaliação de resistência de cultivares de milho, realizados por Fantin *et al.* (2004) e Brito *et al.* (2008), determinaram que avaliações da severidade da cercosporiose realizadas no final do estágio de grão pastoso são eficientes para discriminar o nível de resistência dos híbridos, fornecem resultados semelhantes aos obtidos pelo modelo de múltiplos pontos, utilizado para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), e apresentam as melhores correlações com a produtividade, em comparação com outras épocas de avaliação da doença.

O emprego de fungicidas é a técnica mais utilizada para se obter parcelas sadias, em estudos de quantificação de danos causados pelas doenças. No entanto, quando o controle de doenças nas parcelas tratadas não é completo, as avaliações de ponto crítico podem não fornecer resultados confiáveis, pois os tratamentos com fungicidas alteram a curva de progresso das doenças de forma que, em geral, a severidade final da doença não representa a sua influência na produtividade durante o decorrer do ciclo das plantas, como pode ser observado nos gráficos da AACPD, obtidos por Ward *et al.* (1997b) e Souza (2005). Para contornar essa imprecisão, estudos desenvolvidos com controle químico por esses e outros autores têm apresentado a severidade da doença expressa em AACPD. Brito *et al.* (2007), em um trabalho de pesquisa utilizando 12 híbridos de milho, sob ocorrência natural da mancha de *Cercospora*, obtiveram a severidade da doença nas parcelas não tratadas com fungicidas pela AACPD e observaram aumento médio de 13,3% na produtividade, com o tratamento químico da doença. Os resultados apresentados em AACPD não permitem relacionar o nível de severidade da doença, em um determinado estágio de desenvolvimento das plantas, com a redução de produtividade.

Além disso, fungicidas, como triazóis e estrobilurinas, também podem apresentar efeitos fisiológicos na planta e, ainda, controlar

outras doenças nas parcelas tratadas (Ward et al., 1997a; Venâncio et al., 2005). Quando o objetivo do estudo for estimar danos causados por uma doença, esses produtos podem interferir na correlação da severidade dessa doença com os danos à produtividade (Ward et al., 1997a).

Em um estudo desenvolvido por Ward et al. (1996), sobre o controle químico da mancha de *Cercospora* associado à resistência de 64 híbridos, utilizando-se fungicidas que não têm mostrado efeito fisiológico, foi obtido excelente controle da doença nas parcelas que receberam aplicação de fungicidas e as avaliações da severidade da doença foram realizadas através da estimativa da área foliar afetada da planta inteira, pelo modelo de ponto crítico, o que torna seus resultados comparáveis aos obtidos no presente trabalho. Esses autores encontraram um modelo obtido por regressão linear ($R^2 = 0,76$), o qual infere que, para cada 1% de aumento de severidade, há uma redução correspondente de 53,64 kg ha⁻¹ na produtividade do milho.

No presente trabalho, foram encontradas maiores reduções de produtividade para cada 1% de aumento da severidade da cercosporiose que as encontradas no trabalho de Ward et al. (1996). Essas diferenças podem ser explicadas, provavelmente, sobretudo pelas diferentes faixas de severidade da doença analisadas nos dois estudos, sendo que, neste trabalho, os

resultados foram obtidos para o intervalo de severidade entre 1 e 10% de área foliar afetada e Ward et al. (1996) estudaram a severidade no intervalo entre 14 e 92%. Outros fatores também podem ter influenciado os resultados, como diferentes híbridos sob ambientes diversos, expostos a distintas populações do patógeno, diferenças no estágio de avaliação da severidade das plantas, na umidade dos grãos colhidos, entre outros.

Estudos realizados por Fantin et al. (2006), sobre o efeito da mancha branca sobre a produtividade do milho safrinha, encontraram resultados bastante semelhantes aos do presente trabalho. Por outro lado, os resultados obtidos por Fantin et al. (2007), sobre a influência da ferrugem comum na produtividade dessa cultura, mostraram maior efeito dessa ferrugem na produtividade, sob a mesma severidade da doença, provavelmente, por se tratar de uma doença que ocorre desde o início do ciclo das plantas, interferindo por um maior período de tempo na redução da área foliar.

Quanto ao uso da resistência à mancha de *Cercospora*, vários autores também encontraram resultados que demonstram sua importância no controle da doença (Ringer et al., 1995), na redução dos riscos de danos e do uso de fungicidas (Ward et al., 1996), podendo, ainda, dispensar a necessidade do controle químico da doença (Brito et al., 2007).

Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que, a partir de baixas severidades da mancha de *Cercospora*, já podem ser observadas reduções na produtividade do milho e demonstram a importância do uso da resistência genética no controle da doença e na redução dos danos à produtividade da cultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos técnicos agrícolas e auxiliares de campo Edimilson Alves de Mello, Erasmo Aparecido Oliveira e Santos e José Angelino de Paula o valioso auxílio na avaliação de doenças dos experimentos.

Literatura Citada

AGROCERES **Guia agrocerezes de sanidade**. São Paulo, 1993. 56 p.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, 919 p.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; 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, DF, v. 32, n. 6, p. 472-479, 2007.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; 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.

BRUNELLI, K. R. **Cercospora zae-maydis: esporulação, diversidade morfo-genética e reação de linhagens de milho**. 2004. 105 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CROUS, P. W.; GROENEWALD, J. Z.; GROENEWALD, M.; CALDWELL, P.; BRAUN, U.; HARRINGTON, T. C. Species of *Cercospora* associated with gray leaf spot of maize. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 55, p. 189-197, 2006.

FANTIN, G. M. Avanço da Cercóspera. **Cultivar - Grandes Culturas**, Pelotas, v. 6, p. 28-31, 2004.

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

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.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 2.; SIMPÓSIO SOBRE COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA, 1., 2006, Belo Horizonte. **Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados.** [Sete Lagoas]: ABMS, 2006. CD-ROM.
- FANTIN, G. M.; DUARTE, A. P.; CRUZ, F. A.; DUDIENAS, C.; RAMOS, V. J.; WHITAKER, J. P. T. Efeito da ferrugem comum sobre a produtividade do milho safrinha no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA, 9., 2007, Dourados. **Milho safrinha: rumo a estabilidade: anais.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 409-414. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 89). Organizado por Gessi Ceccon e Luiz Alberto Staut.
- FANTIN, G. M., DUDIENAS, C.; CASTRO, J. L.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A. P. Avaliação da severidade das manchas de *Phaeosphaeria* e de *Cercospora* do milho em cultivo de safrinha. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 79, n. 1, p. 135-154, 2004.
- PINTO, N. F. J. A.; ANGELIS, B. de; HABE, M. H. Avaliação da eficiência de fungicidas no controle da cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 139-145, 2004.
- REIS, E. M.; SANTOS, J. A. P.; BLUM, M. M. C. Critical-point yield model to estimate yield damage caused by *Cercospora zea-maydis* in corn. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p. 110-113, 2007.
- RINGER, C. E.; GRYBAUSKAS, A. P. Infection cycle components and disease progress of gray leaf spot on field corn. **Plant Disease**, St. Paul, v. 79, n. 1, p. 24-28, 1995.
- SOUZA, P. P. **Evolução da cercosporiose e da mancha branca do milho e quantificação de perdas em diferentes genótipos com controle químico.** 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; SOUZA, N. L.; BEGLIOMINI, E.; PERES, N. A. Efeitos fisiológicos de fungicidas sobre plantas – Parte II. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. **Revisão anual de patologia de plantas.** Passo Fundo: RAPP, 2005. p. 49-73.
- WARD, J. M. J.; HOHLS, T.; LAING, M. D.; RIJKENBERG, F. H. J. Fungicide responses of maize hybrids to gray leaf spot. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 102, p. 765-771, 1996.
- WARD, J. M. J.; LAING, M. D.; NOWELL, D. C. Chemical control of maize gray leaf spot. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 1, p. 265-271, 1997a.

WARD, J.M.J.; LAING, M. D.; RIJKENBERG, F. H. J. Frequency and timing of fungicide applications for the control of gray leaf spot in maize. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 1, p. 41-48, 1997b.

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER JR., F. W. Gray

leaf spot: a disease of global importance in maize production. **Plant Disease**, St. Paul, v. 83, p. 884-895, 1999.

WHITE, D. G. (Ed.). **Compendium of corn diseases**. 3. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 2000. 78 p.