

Efeito da Rotação de Culturas na Severidade das Manchas Foliares de *Cercospora* e de *Bipolaris maydis* do Milho

Gisèle Maria Fantin¹, Aildson Pereira Duarte², Edimilson Alves de Mello³, Rita de Cássia Piedade⁴, Vera Lúcia Nishijima Paes de Barros⁵, Bárbara Marçon Pereira da Silva⁶ e Carla Andressa Bulgarelli⁷

¹Instituto Biológico, Campinas, SP. gisele@biologico.sp.gov.br ²Programa Milho e Sorgo IAC/APTA, Instituto Agrônomo, Campinas, SP. aildson@apta.sp.gov.br ^{3,4}Apta Médio Paranapanema, Assis, SP. eamello@apta.sp.gov.br ⁴ritapiedade@yahoo.com.br ⁵Apta Sudoeste Paulista, Capão Bonito, SP vpaes@apta.sp.gov.br ^{6,7}Acadêmicas da Pontifícia Universidade Católica de Campinas e bolsistas Pibic/CNPq/IB. babimarcon@hotmail.com e carlabulgarelli@hotmail.com

RESUMO – As doenças do milho, nos últimos dez anos, vêm ocorrendo com elevada intensidade, causando significativa redução da produtividade da cultura. Entre as medidas abrangidas no manejo integrado de doenças do milho, a rotação de culturas é uma das mais importante na redução do inóculo inicial de muitos patógenos hemibiotróficos. O objetivo deste trabalho foi comparar a severidade das doenças foliares de ocorrência natural, com incidência inicial preponderantemente precoce e nas folhas inferiores do milho, em experimentos de campo, sob monocultura e sob rotação com soja e trigo, em Capão Bonito-SP e Palmital-SP. Foi possível observar diferenças na severidade das duas manchas foliares de ocorrência inicial nas folhas do baixeiro no milho, as manchas de *Cercospora* (*Cercospora* spp.) e de *Bipolaris* (*Bipolaris maydis*), quando sob monocultura e sob rotação de culturas com soja e trigo, nos dois locais. No terceiro plantio consecutivo, em Palmital, sob clima seco, ambas as doenças foram favorecidas quando a cultura anterior foi milho, especialmente se esta foi antecedida pelo milho. Por outro lado, no terceiro plantio em Capão Bonito, sob chuvas intensas e constantes, ocorreu a mancha de *Cercospora* e, embora tenha sido favorecida pelo cultivo do milho na safra anterior, esta foi mais severa quando o primeiro plantio foi soja e não milho. Neste local, observaram-se também sintomas foliares de deficiência de nitrogênio no milho, no terceiro cultivo, quando o primeiro plantio foi milho e não soja, sugerindo que esta carência na nutrição mineral da planta pode ter contribuído para a redução da severidade da cercosporiose sob monocultura.

Palavras-chave: *Zea mays* L., cercosporiose, *Cercospora zea-maydis*, doenças, nitrogênio.

Introdução

Na última década, tem se observado grande aumento da severidade das doenças na cultura do milho no Brasil, causando significativa redução da produtividade da cultura.

A rotação de culturas, embora seja uma medida importante no manejo integrado das doenças, sobretudo no sistema plantio direto, muitas vezes apresenta dificuldade em ser implantada pelo agricultor, que opta por uma determinada cultura em função da previsão das melhores oportunidades de comercialização do produto final naquele ano agrícola. Na maioria das regiões produtoras de milho safrinha, predomina o cultivo contínuo de soja no verão e milho safrinha no outono-inverno, há mais de uma década, sendo o milho a única cultura utilizada no verão para sucessão com a soja, ou seja, em alguns anos ocorre também a semeadura do milho

no verão antecedido ou seguido de milho safrinha.

Reis et al. (2004) ressaltam que a eficácia da rotação de culturas, usada integradamente com as outras medidas de controle, tem sido claramente demonstrada para outras culturas, como por exemplo, os cereais de inverno, porém, alertam que a sua potencialidade de uso ainda não tem sido devidamente quantificada em milho no Brasil.

Desta forma, estudos quantificando a diferença de severidade das doenças sob o efeito ou não da rotação de culturas são de extrema importância para que se possa estimar a real influência desta prática cultural no aumento da produtividade.

Este trabalho teve como objetivo, portanto, avaliar a severidade de manchas foliares, com incidência inicial notadamente precoce e nas folhas inferiores do milho, em experimentos de campo, sob o efeito da rotação de culturas entre milho, soja e trigo, comparada à monocultura do milho, durante a safrinha 2011 e a safra de verão 2011/12, em dois ambientes de produção.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em duas localidades no Estado de São Paulo: Palmital (latitude 22°47'20" Sul, longitude 50°13'03" Oeste e altitude de 508 m); e Capão Bonito (latitude 24°00'21" Sul, longitude 48°20'58" Oeste, e altitude de 705 m).

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com quatro tratamentos e cinco blocos, totalizando 20 parcelas no campo. Os tratamentos foram constituídos por sistemas de sucessão de culturas para comparação da monocultura do milho com sistemas de rotação durante três cultivos sucessivos (safra 2010/2011, safrinha 2011 e safra 2011/12), incluindo as culturas de soja e milho, na safra de verão, e de trigo e milho safrinha, na safra de outono-inverno, simplificados da seguinte maneira: 1) milho/trigo/milho; 2) milho/milho safrinha/milho; 3) soja/trigo/milho; 4) soja/milho safrinha/milho.

As culturas foram instaladas seguindo as recomendações básicas relativas à exploração das espécies em áreas comerciais, nas duas regiões de estudo. As semeaduras foram realizadas no mês de outubro, na safra de verão, e no mês de março, no outono-inverno, adotando o sistema de plantio direto na palha. As parcelas foram constituídas por 12 linhas de 20 metros de comprimento, espaçadas a 0,8 m entre linhas para o milho; 21 linhas de 20 m, espaçadas a 0,45 m entre linhas para a soja e 48 linhas de 20 m, espaçadas a 0,2 m entre linhas para o trigo, considerando-se, para todos os tratamentos, parcelas úteis apenas as linhas centrais, desprezando-se 1,0 m de cada extremidade e as linhas laterais inteiras.

Utilizou-se o híbrido de milho transgênico (Bt) 2B710 HX e cultivares de soja e trigo

com ampla adaptação produtiva no Estado de São Paulo.

A severidade das lesões foliares de cada uma das doenças de ocorrência natural no milho foi estimada com auxílio da escala diagramática Agrocere, 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. Foram feitas avaliações das doenças, atribuindo-se notas às parcelas, em geral quando as plantas atingiram o estágio de grãos pastosos.

Nos locais onde foram observados sintomas de deficiência de nitrogênio nas folhas inferiores das plantas de milho, foi realizada a contagem do número de folhas com os referidos sintomas, a partir do colo das plantas, em 10 plantas por parcela. Estes valores foram correlacionados com a severidade das doenças.

A análise estatística dos valores de severidade das manchas foliares de *Cercospora* spp e de *Bipolaris maydis* do milho foi feita pelo Programa SASM-Agri através de análise de variância e testes de comparação de médias (Duncan, $p = 0,05$). Quando se realizaram avaliações sequenciais da mesma doença no experimento, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para representar a severidade daquela doença, através da fórmula: $AACPD = \sum [(Y_{i+1} + Y_i)/2] \times (X_{i+1} - X_i)$, onde Y_i = nota de severidade da doença na avaliação i e X_i = tempo, em dias após a semeadura, da avaliação i .

Resultados e Discussão

Durante a safrinha 2011, em Palmital-SP, foi possível observar as manchas de *Bipolaris* (*Bipolaris maydis*) e de *Cercospora* (*Cercospora* spp.), em baixa severidade, nas folhas do baixeiro do milho, próximas ao solo. Estas doenças, provavelmente, foram causadas a partir de inóculo do patógeno oriundo dos restos culturais do milho da safra anterior, presentes na superfície do solo das parcelas sob monocultura. Os resultados da primeira avaliação feita nas parcelas do ensaio, na ocasião, com milho, quando as plantas se apresentavam no início do estágio de grãos leitosos, em 16/06/2011, estão apresentados na Tabela 2.

Não foi possível realizar uma avaliação subsequente pela ocorrência de geadas na segunda quinzena do mês de junho, as quais dizimaram o experimento.

Na safra de verão 2011/12, neste local, o clima foi bastante seco, desfavorecendo o desenvolvimento de epidemias de doenças. No fim do ciclo das plantas do milho, após a ocorrência de curto período de chuvas, foi possível discriminar pequenas diferenças entre os tratamentos quanto à intensidade das manchas foliares de *Bipolaris* e de *Cercospora*. Os resultados da avaliação realizada em 07/02/2012, nas parcelas com milho do ensaio, quando as

plantas se apresentavam no estágio de grãos farináceos a duros, estão apresentados na Tabela 3.

O experimento realizado em Capão Bonito-SP na safrinha 2011 foi destruído por geadas, antes que fosse possível realizar a quantificação de doenças.

Neste local, na safra 2011/12, ocorreu a mancha de *Cercospora* no milho. Provavelmente pelo ambiente favorável, chuvas frequentes por períodos prolongados, proporcionando umidade elevada, foi favorecido o desenvolvimento desta doença com severidade elevada. Os resultados das avaliações realizadas nas parcelas com milho do ensaio, em 12/01/2012, quando as plantas se apresentavam no estágio de enchimento de grãos, e em 06/02/12, quando estas atingiram o estágio de grãos pastosos, estão apresentados na Tabela 4.

Nas duas safras de experimentação em Palmital, foi possível observar menor severidade quando após trigo ou soja do que quando após milho, das manchas foliares que ocorreram antes do florescimento do milho e predominante nas folhas do baixeiro das plantas, as manchas de *Bipolaris* e de *Cercospora*. Houve ausência das doenças nas parcelas sem cultivo do milho nas duas safras anteriores, ou seja, um ano agrícola.

No terceiro plantio consecutivo (safra 2011/12), em Palmital, apesar do clima seco, que não favorece o desenvolvimento de manchas foliares, foi possível notar que ambas as doenças foram favorecidas quando a cultura anterior foi milho, e no caso da mancha de *Cercospora*, especialmente se esta foi antecedida pelo milho.

Observou-se, ainda, tanto em Capão Bonito como em Palmital, que o segundo plantio (safrinha 2011) com trigo, antecedendo o milho, proporcionou significativa redução da severidade da mancha de *Cercospora* no milho do terceiro plantio (safra 2011/12).

Entretanto, no terceiro plantio (safra 2011/12) em Capão Bonito, sob chuvas intensas e constantes, destacou-se apenas a mancha de *Cercospora* no milho e, embora tenha sido favorecida pelo cultivo do milho na safra anterior, esta foi mais severa quando o primeiro plantio foi soja e não milho. Buscando explicar este resultado, como a nutrição das plantas hospedeiras dos patógenos também pode exercer grande influência na severidade de doenças, ao correlacionar os sintomas foliares de deficiência de nitrogênio no milho com a intensidade da cercosporiose, no terceiro cultivo, observou-se maior número de folhas com sintomas de deficiência nos dois tratamentos em que o primeiro plantio foi milho e não soja, sugerindo que esta maior carência na nutrição da planta pode ter contribuído para a redução da severidade da cercosporiose sob monocultura.

O nível mais elevado de nitrogênio nas parcelas em sucessão à soja pode ser explicado pelo efeito residual do nitrogênio fixado pelo cultivo da soja e pela presença de seus restos

culturais, o que, de acordo com Mascarenhas et al. (2011), permite a substituição parcial ou total da adubação nitrogenada na cultura de milho seguinte.

Caldwell et al. (2002) e Okori et al. (2004) também observaram aumento da severidade da cercosporiose do milho em parcelas com maior nível de nitrogênio, mas Okori et al. (2004) relatam, além disso, que aplicações exclusivas de fósforo não mostraram nenhum efeito evidente na epidemiologia da doença, mas aplicações combinadas deste com o nitrogênio reduziram significativamente o efeito de predisposição do nitrogênio à doença e, em geral, parcelas que receberam adubação mineral tiveram menos doença que as parcelas não adubadas.

Os resultados obtidos neste trabalho, quanto à influência de restos de cultura de milho sobre a severidade da cercosporiose também estão de acordo com os de vários autores, realizados em outros países.

Nazareno et al. (1993) estudaram o efeito do nível de resíduos de milho infestados com *Cercospora zea-maydis*, na superfície do solo, sobre o progresso da cercosporiose, em Ohio, em dois anos agrícolas: com condições ambientais favoráveis e desfavoráveis à doença. Verificaram relação positiva entre a severidade da doença e quantidade de resíduo no solo, sobretudo no ano favorável à doença e concluíram que os resíduos na superfície do solo favorecem o desenvolvimento da doença e que a doença aumenta com a quantidade de resíduo. Estes autores também concluíram que mais de 35% de cobertura do solo com os resíduos pode resultar em altos níveis de doença, especialmente sob condições ambientais favoráveis.

Ringer & Grybauskas (1995), ao estudarem o progresso da cercosporiose em Beltsville (Maryland), sugerem que estratégias de manejo dirigidas para redução dos níveis de inóculo durante os primeiros ciclos de infecção são um método efetivo para reduzir a severidade da doença. Alertam, além disso, que é de consenso geral que o desenvolvimento da doença é altamente dependente de condições ambientais como prolongados períodos de alta umidade relativa ou molhamento foliar e em anos agrícolas chuvosos.

Também Bathia & Munkvold (2002), estudaram por dois anos a relação de fatores ambientais e culturais sobre a severidade da cercosporiose do milho em Iowa, e verificaram forte relação linear entre a severidade da doença e diversos fatores: resistência dos genótipos, resíduos de milho na superfície do solo, data de semeadura e horas de temperatura e umidade favoráveis. Verificaram ainda maior influência da porcentagem de cobertura do solo com resíduo que da distância aos resíduos mais próximos.

A conclusão destes autores sobre a maior importância da porcentagem de cobertura do solo com resíduo infectado, que da distância aos resíduos mais próximos, sobre a severidade da

cercosporiose está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, onde foi possível verificar diferenças causadas pelo resíduo infectado na superfície do solo sobre a doença em parcelas contíguas de 10 por 20 m, com os diferentes tratamentos.

Smit & Flett (2000), em seus experimentos realizados na África do Sul, não observaram diferença significativa na severidade da doença entre o milho cultivado em monocultura ou sob rotação com soja. Os autores consideraram que este resultado pode ser atribuído à capacidade do fungo sobreviver durante dois anos em detritos de milho na superfície do solo e consideraram que a rotação de culturas não é efetiva para controlar a doença sob condições epidêmicas. Estes autores, todavia, estudaram sucessão e não rotação de culturas.

Conclusão

A rotação de culturas do milho com soja e trigo contribui para a redução da severidade das manchas foliares de *Cercospora* spp. e de *Bipolaris maydis* no milho, mas outros fatores, como variações nos níveis de nitrogênio, também podem influenciar a severidade das doenças, alterando esta relação.

Literatura Citada

- BATHIA, A.; MUNKVOLD, G.P. Relationships of environmental and cultural factors with severity of gray leaf spot on maize. *Plant Disease*, v.86, n.10, p.1127-1133, 2002.
- CALDWELL, P.M.; WARD, J.M.J.; MILES, N; LAING, M.D. Assessment of the effects of fertilizer applications on gray leaf spot and yield in maize. *Plant Disease*, v.86, n.8, p.859-866, 2002.
- MASCARENHAS, H.A.A.; ESTEVES, J.A. de F.; WUTKE, E.B.; LEÃO, P.C. da L. Nitrogênio residual da soja na produtividade de gramíneas e do algodão. *Nucleus*, v.8, n.2, p.15-34, 2011.
- NAZARENO, N.R.X.; LIPPS, P.E.; MADDEN, L.V. Effect of levels of corn residue on the epidemiology of gray leaf spot of corn in Ohio. *Plant Disease*, v.77, n.1, p.67-70, 1993.
- OKORI, P.; RUBAIHAYO, P.R.; ADIPALA, E.; DIXELIUS, C. Interactive effects of host, pathogen and mineral nutrition on grey leaf spot epidemics in Uganda. *European Journal of Plant Pathology*. v110, n.2, p.119-128, 2004.
- REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. Manual de diagnose e controle de doenças do milho. 3.ed. Lages: Graphel, 2004. 141p.
- RINGER, C.E.; GRYBAUSKAS, A.P. Infection cycle components and disease progress of gray leaf spot on field corn. *Plant Disease*, v.79, n.1, p.24-28, 1995.

SMIT, E., FLETT, B.C. Effect of crop rotation on the severity of grey leaf spot on maize. South African Journal of Plant and Soil, v.17, n.3, p.143-146, 2000.

Tabela 1. Severidade das manchas foliares de *Bipolaris* e de *Cercospora* do milho, no início do estágio de grãos leitosos, em Palmital-SP, na safrinha 2011.

Tratamento	Severidade de doenças do milho	
	Mancha de <i>Bipolaris</i>	Mancha de <i>Cercospora</i>
Milho - Milho – (Milho)*	1,15 a	1,07 a
Soja - Milho – (Milho)	1,01 b	1,01 b
Soja - Milho – (Soja)	1,01 b	1,00 b
Coeficiente de Variação (%)	0,14	1,42

Notas de 1 a 9 correspondendo, respectivamente, às severidades de 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e mais de 75% das doenças. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Para análise estatística, os dados foram transformados em raiz de x.

*Nomes entre parênteses das culturas a serem plantadas na safra seguinte à safrinha 2011.

Tabela 2. Severidade das manchas foliares de *Bipolaris* e de *Cercospora* do milho no estágio de grãos farináceos a duros, em Palmital-SP, na safra 2011/12.

Tratamento	Severidade de doenças do milho	
	Mancha de <i>Bipolaris</i>	Mancha de <i>Cercospora</i>
Milho - Milho - Milho	1,12 a	1,04 a
Soja - Milho - Milho	1,11 a	1,02 ab
Milho - Trigo - Milho	1,04 b	1,00 b
Soja - Trigo - Milho	1,00 b	1,00 b
Coeficiente de Variação (%)	2,70	1,81

Notas de 1 a 9 correspondendo, respectivamente, às severidades de 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e mais de 75% das doenças. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Para análise estatística, os dados foram transformados em raiz de x.

Tabela 3. Severidade da mancha foliar de *Cercospora* do milho, no estágio de enchimento de grãos, no estágio de grãos pastosos e representada pela área abaixo da curva de progresso da doença, abrangendo estas duas épocas de avaliação, em Capão Bonito-SP, na safra 2011/12.

Tratamento	Severidade da mancha de <i>Cercospora</i> do milho			Sintomas de deficiência de nitrogênio (número de folhas inferiores)
	Estádios de desenvolvimento das plantas		AACPD*	
	Enchimento de grãos	Grãos pastosos		
Soja - Milho - Milho	2,80 a	4,94 a	71,63 a	4,26 b
Milho - Milho - Milho	2,15 b	2,71 b	35,72 b	6,00 a
Soja - Trigo - Milho	1,05 c	1,50 c	6,70 c	4,00 b
Milho - Trigo - Milho	1,04 c	1,12 d	2,08 d	5,64 a
Coeficiente de Variação (%)	7,93	7,32	13,80	2,77

Notas de 1 a 9 correspondendo, respectivamente, às severidades de 0; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 75 e mais de 75% da mancha de *Cercospora*. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Para análise estatística, os dados foram transformados em raiz de x.

*AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença entre o período das duas avaliações.