

Viabilidade Técnica e Econômica da Aplicação de Fungicidas em Milho



ISSN 1679-0154

Outubro, 2012

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 49

Viabilidade Técnica e Econômica da Aplicação de Fungicidas em Milho

Rodrigo Véras da Costa

Luciano Viana Cota

Dagma Dionísia da Silva

Walter Fernandes Meirelles

Fabício Eustáquio Lanza

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

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

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Flávia Cristina dos Santos Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Foto(s) da capa: Rodrigo Veras da Costa

1ª edição

1ª impressão (2012): on line

Todos os direitos reservados

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

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

Viabilidade técnica e econômica da aplicação de fungicidas em milho/
Rodrigo Véras da Costa ... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho
e Sorgo, 2012.

30 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa
Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 49).

1. Fungicida. 2. Doença de planta. 3. Zea mays. Costa, Rodrigo
Véras da. II. Série.

CDD 632.952 (21. ed.)

© Embrapa 2012

Sumário

Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	9
Conclusões	13
Referências	15

Viabilidade Técnica e Econômica da Aplicação de Fungicidas em Milho

Rodrigo Véras da Costa¹

Luciano Viana Cota²

Dagma Dionísia da Silva³

Walter Fernandes Meirelles⁴

Fabício Eustáquio Lanza⁵

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.) está sujeita ao ataque de um grande número de patógenos que podem ocasionar perdas consideráveis em sua produtividade (CUNHA et al., 2010; JULIATTI et al., 2007). Tradicionalmente, o manejo das doenças do milho era realizado através da utilização de cultivares resistentes associada a medidas culturais. A partir da severa epidemia de cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis* Tehon & E.Y Daniels) ocorrida na região sudoeste do estado de Goiás, no ano 2000, tem-se verificado um aumento

¹Eng.-Agr., Doutor, Pesquisador em Fitopatologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, veras@cnpms.embrapa.br

²Eng.-Agr., Doutor, Pesquisador em Fitopatologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, lvcota@cnpms.embrapa.br

³Eng.-Agr., Doutora, Pesquisadora em Fitopatologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, dagma@cnpms.embrapa.br

⁴Eng.-Agr., Mestre, Pesquisador em Melhoramento de Milho da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, walter@cnpso.embrapa.br

⁵Eng.-Agr., Doutorando em Fitopatologia na Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. falanza@bol.com.br

acentuado da utilização de fungicidas em lavouras comerciais destinadas à produção de grãos.

Vários trabalhos têm demonstrado a eficiência dos fungicidas no manejo das doenças foliares e na redução dos danos por elas causadas na produtividade da cultura do milho (CUNHA et al., 2010; JULIATTI et al., 2007; PINTO, 2004). A partir do ano 2000, uma nova classe de produtos fungicidas tornou-se disponível para produtores de milho, conhecidos comumente como estrobilurinas, os inibidores de quinona oxidase (QoI). A toxicidade desses fungicidas advém da inibição da cadeia respiratória ao nível de complexo III, impedindo a cadeia bioquímica de transferência de elétrons no sítio da mitocôndria, interferindo na respiração dos fungos (BARTLETT et al., 2002). Alguns fungicidas do grupo das estrobilurinas são reconhecidos por apresentarem um efeito de promoção do crescimento em certas espécies de plantas, os quais resultam em maior eficiência no uso de água e nitrogênio, retenção de clorofila, atraso na senescência foliar (“efeito verde”), aumento na atividade antioxidante e aumento de produtividade (GROSSMAN; RETZLAFF, 1997; RUSKE et al., 2003; VENÂNCIO et al., 2003; VINCELLI, 2007; WU; TIEDEMANN, 2002, 2001). A partir dessas observações, as empresas detentoras dessas moléculas têm divulgado o uso dos fungicidas estrobilurinas para o manejo de estresses bióticos e abióticos em diversas culturas, sugerindo um potencial aumento de produtividade mesmo na ausência de doenças no campo (RAVA, 2002; WISE; MUELLER, 2011).

Entretanto, os resultados de pesquisa têm demonstrado que os efeitos fisiológicos benéficos dos fungicidas estrobilurinas são extremamente variáveis dependendo da cultura, da presença e severidade das doenças, da época de aplicação, dos produtos utilizados e das condições ambientais (FAGAN et al., 2010; SCHERM et al., 2009; VINCELLI, 2007), apresentando, em alguns casos, efeitos negativos na produtividade (BELOW et al., 2009). Não se conhece, até o presente, resultados de pesquisa quantificando o potencial de aumento da produtividade da cultura do milho com aplicações de fungicidas estrobilurinas na ausência de doenças, ou seja, quantificando o potencial benefício em produtividade oriundo unicamente do efeito fisiológico das estrobilurinas (WISE; MUELLER, 2011).

Uma análise econômica da resposta de cultivares de milho submetidas, ou não, à aplicação de fungicidas tem sido apresentada em alguns trabalhos de pesquisa realizados nos Estados Unidos (PAUL et al., 2011; WISE; MUELLER, 2011). Verificou-se, nestes trabalhos, uma inconsistência do impacto dos tratamentos com estrobilurinas no rendimento das cultivares, quando se compararam áreas pulverizadas com fungicidas e áreas não pulverizadas. Fatores como o nível de resistência da cultivar, pressão de doenças, época de aplicação, sistema produtivo, fungicida utilizado e condições climáticas podem interferir no benefício potencial dos fungicidas no rendimento das cultivares de milho. A existência desses fatores requer uma análise técnica da ocorrência de

doenças na lavoura antes da recomendação da aplicação de fungicidas.

No Brasil, os resultados de pesquisa publicados se limitam à avaliação da eficiência dos fungicidas para o controle de doenças específicas e na produtividade das cultivares. Este trabalho teve como objetivo a realização de uma análise da viabilidade técnica e econômica da aplicação de fungicidas no rendimento de cultivares de milho em diferentes regiões produtoras.

Material e Métodos

Foram conduzidos quatro experimentos para avaliação de uma e duas aplicações de dois fungicidas (comparando-se com a testemunha, sem aplicação), em diferentes cultivares de milho, em condição de campo, em três localidades: Sete Lagoas (MG), Londrina (PR) e Rio Verde (GO). Em todos os experimentos as parcelas foram constituídas de quatro linhas de 5 m, espaçadas de 0,8 m, e com média de cinco plantas por metro. Os Experimentos 1, 2 e 3 foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados e arranjo fatorial (numero de aplicações x cultivar) com três repetições para cada tratamento. A adubação de semeadura consistiu da aplicação de 350 kg ha^{-1} de NPK da formulação 8-28-16 + Zn. Aos 30 e 45 dias após a emergência (DAE) foram realizadas as adubações nitrogenadas em cobertura utilizando-se 150 kg ha^{-1} de ureia. As aplicações de fungicida foram realizadas utilizando-se um pulverizador manual pressurizado a CO_2 ,

com vazão constante de 300 L.ha⁻¹ e adição de óleo mineral na dose de 0,5% do volume de calda. As aplicações de fungicidas foram: 1) uma aplicação no estádio de 6 a 8 folhas; 2) duas aplicações nos estádios de 6 a 8 folhas e no pré-pendoamento; e 3) sem aplicação de fungicidas.

Para as avaliações de produtividade, as espigas das plantas de duas linhas centrais (10 m lineares) de cada parcela foram colhidas, identificadas e pesadas (espigas e grãos) separadamente. O peso de grãos de cada parcela foi corrigido considerando-se 13% de umidade. A severidade das doenças foliares foi avaliada, aproximadamente, aos 100 DAE, utilizando-se uma escala de notas variando de 1 (0% de severidade) a 5 (100% das folhas com lesões, acima de 75% de severidade) (AGROCERES, 1996).

Experimento 1 - Sete Lagoas (MG) e Londrina (PR)

O Experimento foi conduzido em duas localidades: Sete Lagoas (MG), em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, e Londrina (PR), em área experimental da Embrapa Soja, na safrinha de 2008. As semeaduras foram realizadas em 28/02/2008, em Sete Lagoas, e em 19/02/2008, em Londrina. Foram utilizados 20 genótipos de milho, sendo um híbrido experimental e 19 cultivares comerciais. As cultivares foram submetidas às três condições de aplicação de fungicidas conforme descrito anteriormente. Foi utilizado o fungicida epoxiconazole + piraclostrobina, na dose de 0,75 L ha⁻¹.

Experimentos 2 e 3 - Rio Verde (GO)

Os Experimentos 2 e 3 foram conduzidos no município de Rio Verde (GO), na safra 2009/2010, utilizando-se duas épocas de semeadura. As semeaduras foram realizadas em 21/10/2009 e 05/11/2009, para os Experimentos 2 e 3, respectivamente. Os eles foram constituídos de 23 (Experimento 2) e 26 (Experimento 3) cultivares comerciais de milho. Foi utilizado o fungicida epoxiconazole + piraclostrobina, na dose de 0,75 L ha⁻¹.

Experimento 4 - Sete Lagoas (MG)

O Experimento 4 foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), no verão de 2010/2011, em uma área com histórico de ocorrência severa da mancha-branca-do-milho causada por *Pantoea anantis* (PACCOLA-MEIRELLES et al., 2001; CASELA; FERREIRA, 2006; BOMFETI et al., 2008; LANZA, 2009). A semeadura foi realizada em 18/11/2010. Foram utilizadas as cultivares Attack, Traktor e 30P70. As cultivares Attack e Traktor apresentam maior resistência à mancha-branca e a cultivar 30P70 é considerada suscetível. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 18 tratamentos dispostos em arranjo fatorial triplo (3 cultivares x 2 combinações de fungicidas x 3 aplicações) e três repetições. Foram utilizados os fungicidas epoxiconazole + piraclostrobina, na dose de 0,75 L ha⁻¹ e azoxistrobina + ciproconazole, na dose de 0,3 L ha⁻¹. As avaliações da

severidade da mancha-branca foram realizadas a partir do aparecimento dos primeiros sintomas das doenças nas folhas e continuadas em intervalo de, aproximadamente, 10 dias, sendo realizadas seis avaliações. Para tal, utilizou-se uma escala de notas variando de 1 (0% de severidade) a 5 (100% das folhas com lesões, acima de 75% de severidade) (AGROCERES, 1996).

Análise econômica e estatística

A análise econômica, para os dados de produtividade, foi realizada em todos os experimentos conduzidos. Para tal, considerou-se a relação entre o rendimento de grãos, expressa em sacas ha^{-1} (uma saca = 60 kg), das cultivares submetidas a uma e duas aplicações de fungicidas, em relação à testemunha sem aplicação. O custo total por hectare da aplicação de fungicidas foi considerado como a soma do custo médio dos fungicidas (R\$ 48,00) e o custo da aplicação terrestre (R\$ 23,00) e aérea (R\$ 37,00). No caso de apenas uma aplicação, o custo foi composto pelo preço médio dos fungicidas mais o custo da aplicação terrestre. Para duas aplicações, o custo foi composto pelo preço médio dos fungicidas adicionado do custo das aplicações terrestre (primeira) e aérea (segunda). Os valores de custo para aplicação de fungicidas foram expressos em sacas ha^{-1} , considerando-se o valor médio da saca de milho a R\$ 25,00. O ganho produtivo para cada cultivar (rendimento) com uma ou duas aplicações de fungicidas foi comparado com o custo da aplicação utilizando o teste t ($p=0,05$). Para os tratamentos

com uma e duas aplicações, o custo foi considerado 3 e 6,5 sacas ha^{-1} , respectivamente.

Para o Experimento 4, as notas de severidade da mancha-branca obtidas em cada avaliação foram utilizadas para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977). Os valores de AACPD de cada tratamento foram submetidos à análise de variância e as médias, quando necessário, foram comparadas entre si utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados

Em todos os experimentos foi observado o mesmo padrão de resposta de produtividade das diferentes cultivares à aplicação de fungicidas. O rendimento das cultivares submetidas à aplicação, em relação à testemunha sem fungicida, apresentou valores negativos, valores positivos abaixo dos limites dos custos de aplicação e valores positivos acima dos limites de custo. Os resultados demonstraram uma grande inconsistência de resposta de produtividade das cultivares à aplicação dos fungicidas. Algumas cultivares que apresentaram aumento de produtividade com uma aplicação, em relação ao tratamento sem fungicida, apresentaram resposta negativa com duas aplicações ou mesmo com uma aplicação em outra localidade (Figuras 1 e 2).

Experimento 1

No Experimento conduzido em Sete Lagoas (MG), os

valores de rendimento, em relação à testemunha, variaram de -33 a 30 sacas ha⁻¹. Com uma aplicação, 17 cultivares apresentaram aumento de produtividade, porém, quatro não diferiram do custo de aplicação (Figura 1). Com duas aplicações, sete cultivares apresentaram rendimentos negativos e 13, rendimentos positivos, no entanto, apenas oito obtiveram rendimento acima do custo de aplicação (Figura 2). As cultivares BRS3025, AS1570, DKB390, BRS1040 apresentaram resposta positiva com uma aplicação e resposta negativa com duas aplicações. Para o mesmo Experimento, conduzido em Londrina (PR), os valores de rendimento das cultivares, em relação à testemunha, variaram de -30 a 42 sacas ha⁻¹. Nele, cinco cultivares apresentaram resposta negativa de produtividade com uma aplicação de fungicida e nove cultivares apresentaram produtividade positiva superior ao custo de aplicação (Figura 1). Com duas aplicações, oito cultivares apresentaram resposta negativa e oito cultivares, resposta positiva acima do custo de aplicação (Figura 2). Assim como para o experimento conduzido em Sete Lagoas, algumas cultivares (BRS1010, BRS1030, BRS1031, 2B710 e DKB390) apresentaram resposta positiva com uma aplicação e negativa com duas. As cultivares 3E5115 e 2B657 apresentaram resposta positiva com duas aplicações e negativa com uma. Em Sete Lagoas, as principais doenças foliares detectadas nas avaliações foram a mancha-branca, a mancha-de-Bipolaris (*Bipolaris maydis* (Nisikado) Shoemaker) e a antracnose-foliar (*Colletotrichum graminicola* (Ces.) G. W. Wils.). Em Londrina, as principais doenças detectadas foram

a mancha-branca (*P. ananatis*), a ferrugem-comum (*Puccinia sorghi* Schwein.) e a cercosporiose (*C. zeae-maydis*). Em ambos os locais, houve maior predominância da mancha-branca, porém, as maiores severidades foram observadas em Sete Lagoas. As notas médias gerais para doenças foram de 3,9 e 3,0, para os experimentos conduzidos em Sete Lagoas e Londrina, respectivamente.

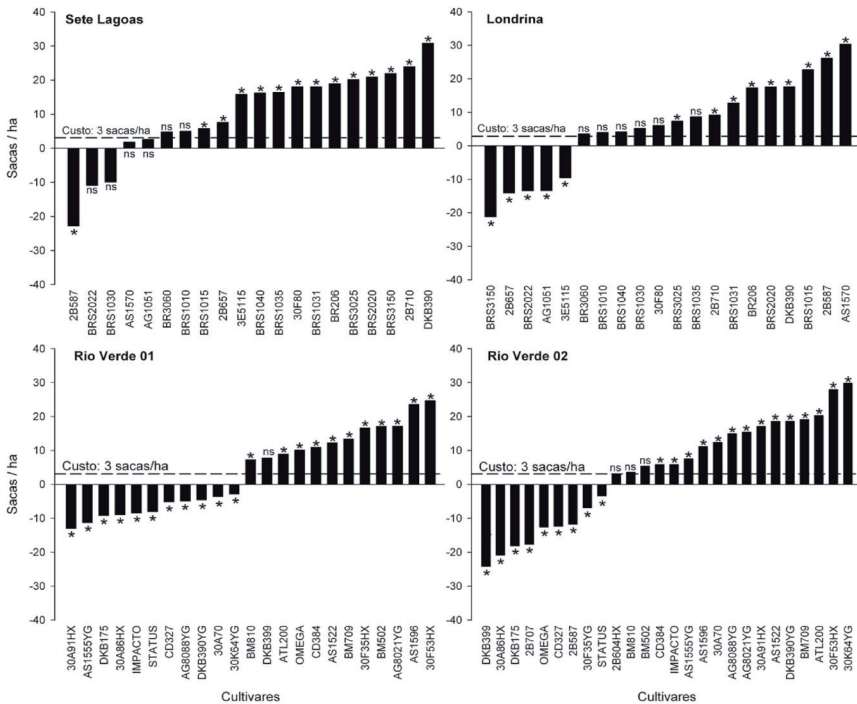


Figura 1. Rendimento de cultivares de milho com uma aplicação de fungicidas, em relação à testemunha sem aplicação, em experimentos conduzidos em Sete Lagoas MG (A), Londrina (PR) (B) (safreinha de 2008) e em Rio Verde (GO) (C, D) (safre 09/2010). A linha pontilhada representa o valor do custo estimado de uma aplicação do fungicida. *Híbridos cujo ganho ou perda na produção foi estatisticamente diferente do custo de aplicação (Teste t, $P=0,05$); ns rendimento produtivo igual ao custo da aplicação.

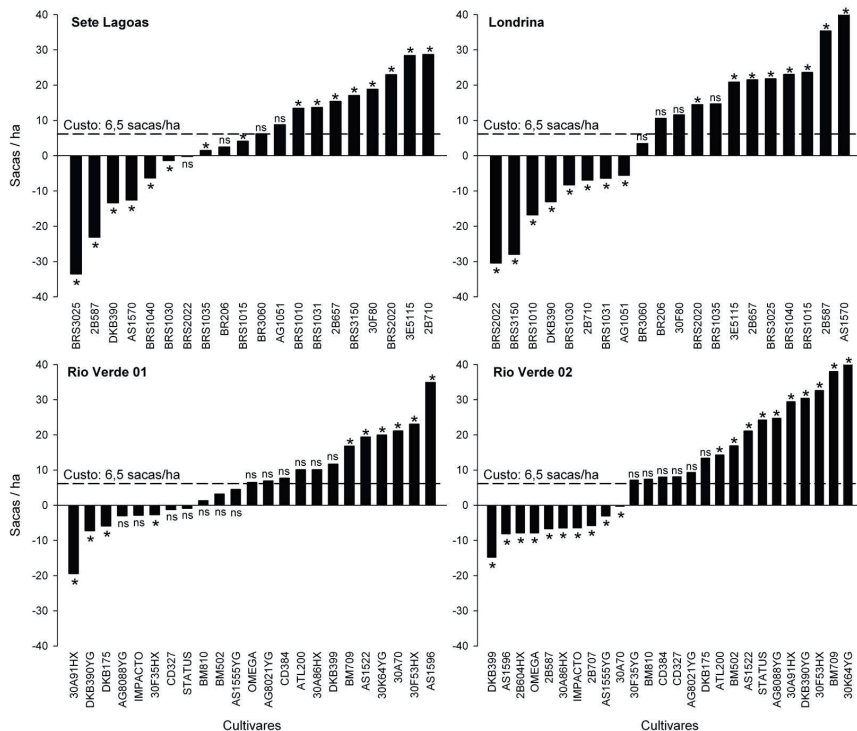


Figura 2. Rendimento de cultivares de milho com duas aplicações de fungicidas, em relação à testemunha sem aplicação, em experimentos conduzidos em Sete Lagoas (MG) (A), Londrina (PR) (B) (safrinha de 2008) e em Rio Verde (GO) (C, D) (safra 2009/2010). A linha pontilhada representa o valor do custo estimado de duas aplicações de fungicida. *Híbridos cujo ganho ou perda na produção foi estatisticamente diferente do custo de aplicação (Teste t, $P=0,05$); ns rendimento produtivo igual ao custo da aplicação.

Experimentos 2 e 3

No Experimento 2, conduzido em Rio Verde (GO), na primeira época de semeadura, os rendimentos das cultivares, em relação à testemunha, variaram de -19 a 34 sacas ha

1. Neste experimento, considerando uma aplicação de fungicida, das 23 cultivares avaliadas, 11 apresentaram menor produtividade quando comparadas à testemunha sem aplicação (Figura 1). Outras onze cultivares apresentaram rendimento positivo maior que o custo de aplicação (Figura 1). Com duas aplicações, oito cultivares apresentaram resposta negativa e seis cultivares, rendimento positivo e maior que o custo das aplicações (Figura 2). No Experimento conduzido em Rio Verde, na segunda época de semeadura (com 26 cultivares), o número de cultivares que apresentou rendimento superior ao custo de aplicação foi maior que o verificado no experimento de primeira época (14 e 10 cultivares com uma ou duas aplicações, respectivamente). Na primeira época de semeadura, as cultivares AS1555YG, 30A86HX, 30A70 e 30K64YG apresentaram rendimento negativo com uma aplicação e rendimento positivo com duas (Figuras 1 e 2). No Experimento conduzido na segunda época, as cultivares AS1555YG, 2B604Hx, Impacto, AS1596 e 30A70 apresentaram rendimento negativo com duas aplicações e rendimento positivo com uma aplicação. As cultivares CD327, 30F35YG, STATUS, e DKB175 apresentaram rendimento positivo com duas aplicações e negativo com uma aplicação. Em ambas as épocas de semeadura, as doenças detectadas foram: mancha-branca, mancha-foliar-de-*Stenocarpella* (*Stenocarpella macrospora* (Earle) Sutton), ferrugem-polissora (*Puccinia polysora* Underw.), cercosporiose, mancha-foliar-de-Turcicum (*Exserohilum turcicum* (Pass.) K..J. Leonard and

E.G. Suggs) e antracnose-foliar. No entanto, a intensidade das doenças variou entre as duas épocas de semeadura (os valores entre parênteses referem-se às notas médias de severidade das doenças na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente): mancha-branca (2,0 e 2,5), mancha-foliar-de-Stenocarpella (1,8 e 2,3), ferrugem-polissora (1,1 e 2,1), cercosporiose (1,1 e 2,0), mancha-de-Turcicum (1,0 e 1,8) e antracnose-foliar (1,6 e 2,0).

Experimento 4

Em Sete Lagoas (MG), durante o período de condução do Experimento, foi verificada uma severa epidemia da mancha-branca-do-milho, cuja nota final média de severidade na cultivar suscetível 30P70 foi 5,0 (100% das folhas com severidade superior a 75%). Para a variável AACPD, detectou-se efeito significativo de híbrido ($P < 0,0001$), fungicida ($P < 0,0001$) e para a interação híbrido e fungicida ($P < 0,0001$). O valor de AACPD foi significativamente superior na cultivar 30P70 em comparação às cultivares Attack e Traktor (Tabela 1). A utilização dos fungicidas epoxiconazole + piraclostrobina e azoxistrobina + ciproconazole foi eficiente em reduzir a severidade da doença, em comparação à testemunha. Não foi verificada diferença significativa na redução da AACPD nos tratamentos submetidos a uma e a duas aplicações ($P = 0,1433$).

Tabela 1. Comparação dos valores de área abaixo da curva de progresso (AACPD) da mancha-branca-do-milho para: cultivares (Attack, Traktor e 30P70), fungicidas (Epoconazole + piraclostrobina, 0,75L/ha, azoxistrobina + ciproconazole, 0,3 L/ha) e testemunha (sem aplicação) em experimento conduzido em Sete Lagoas-MG.

Fungicida	Cultivar		
	30P70	Attack	Traktor
Epoconazole + Piraclostrobina	51,43Aa*	9,08Ba	12,17Ba
Ciproconazole + Azoxistrobina	81,40Ab	24,67Bab	19,00Ba
Testemunha	363,33Ac	54,00B b	83,67Cb

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula e maiúscula na coluna e na linha, respectivamente, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05).

Os resultados de produtividade obtidos nesse Experimento seguem o mesmo padrão descrito nos anteriores. O rendimento das cultivares comparado à testemunha, sem aplicação, variou de -15 a 8 sacas ha⁻¹ com uma aplicação, e -15 a 20 sacas ha⁻¹, com duas aplicações de fungicidas (Figura 3). Os maiores rendimentos oriundos da aplicação dos fungicidas foram obtidos na cultivar suscetível à mancha-branca, 30P70. Comparando-se uma aplicação com o tratamento sem aplicação, apenas a cultivar 30P70 apresentou rendimento acima do limite de custo de aplicação com o fungicida azoxistrobina + ciproconazole. A aplicação do fungicida epoconazole + piraclostrobina resultou em aumento da produção, no entanto, o aumento não foi maior que o custo da aplicação (Figura 3). Comparando-se duas aplicações com o tratamento sem aplicação, apenas a cultivar 30P70 pulverizada com o produto

epoxiconazole + piraclostrobina apresentou produtividade superior ao custo das aplicações (Figura 3).

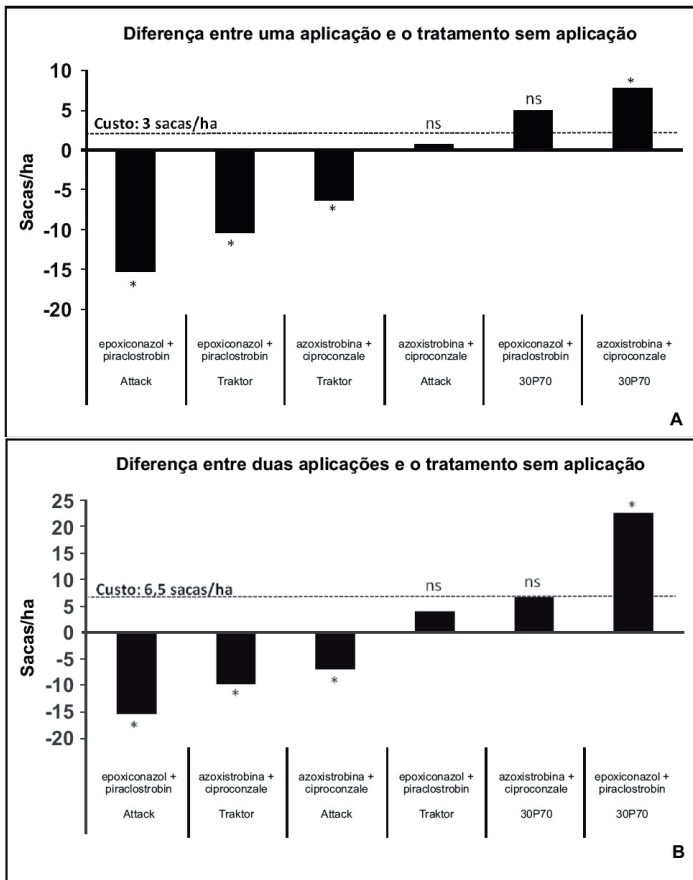


Figura 3. Rendimento de cultivares de milho comparando-se uma (A) e duas aplicações (B) em relação à testemunha sem aplicação, em experimentos conduzidos em Sete Lagoas (MG), safra 2010/2011. A linha pontilhada representa o valor do custo da aplicação do fungicida em sacas/ha. *Híbridos cujo ganho ou perda produção foi estatisticamente diferente do custo de aplicação (Teste t, $P=0,05$); ns rendimento igual ao custo da aplicação.

Discussão

Nos últimos anos, o uso de fungicidas foliares em lavouras comerciais de milho tem aumentado de forma significativa nas principais regiões produtoras do Brasil e no mundo (ADEE et al., 2005; CUNHA et al., 2010; JULIATTI et al., 2007; MUNKVOLD et al., 2001; PINTO, 2004; SHAH; DILLARD, 2010). Tem sido bastante discutida e divulgada

a existência de efeitos fisiológicos dos fungicidas do grupo das estrobilurinas em diversas culturas, inclusive no milho. Algumas empresas têm divulgado o uso desses fungicidas para o manejo de estresses bióticos e abióticos em diversas culturas, sugerindo um potencial aumento de produtividade mesmo na ausência de doenças no campo (RAVA , 2002; WISE; MUELLER, 2011). No entanto, não se conhecem resultados de pesquisa quantificando esse potencial aumento da produtividade em milho advindo da utilização dos fungicidas estrobilurinas.

A magnitude dos benefícios econômicos desses fungicidas tem sido bastante questionada por parte de alguns patologistas de milho (MUNKVOLD et al., 2001). No presente estudo, os resultados obtidos demonstram elevada inconsistência de resposta de produtividade de cultivares de milho à aplicação de fungicidas. Essa inconsistência é observada como uma ausência de repetibilidade dos ganhos produtivos de diferentes cultivares quando submetidas à aplicação de fungicidas em comparação a parcelas não

tratadas. Algumas cultivares apresentaram rendimento produtivo superior ao limite de custo quando submetidas a uma aplicação de fungicida, mas quando tratadas com duas aplicações o rendimento foi negativo, ou seja, produziram menos que a testemunha sem aplicação. Em outras situações, a mesma cultivar apresentou aumento de produtividade superior ao custo de aplicação em determinada localidade, e inferior em outro local, considerando o mesmo número de aplicações e o produto utilizado. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Wise e Mueller (2011) nos Estados Unidos. Segundo os autores, em 472 tratamentos em que se compararam áreas tratadas e não tratadas com fungicidas, 80% apresentaram resposta de produtividade positiva a uma aplicação de fungicida e, em 20% dos casos, foi obtida resposta de produtividade nula ou negativa à aplicação. Em outro estudo, a resposta de produtividade negativa em relação à testemunha foi obtida em 26 a 48% dos casos, dependendo do fungicida utilizado (PAUL et al., 2011). Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos (KHAN; CARLSON, 2009; NASON, et al., 2007; NELSON et al., 2010; SWOBODA; PEDERSEN, 2009).

A aplicação de fungicida resultou em aumento de produtividade em várias cultivares de milho em todos os experimentos conduzidos no presente estudo. No entanto, em diversas situações, esses aumentos não resultaram em benefício econômico, ou seja, o aumento de produtividade foi menor que o custo requerido para a realização da aplicação

do fungicida. Resultados semelhantes têm sido observados em outros trabalhos (PAUL et al., 2011; WISE; MUELLER, 2011). A obtenção de benefício econômico positivo da aplicação de fungicida não depende apenas do aumento de produtividade obtido, mas, também, do custo necessário para a aplicação do fungicida e do preço de mercado da saca de milho. Esses fatores podem apresentar variação de região para região e ao longo do tempo de acordo com as oscilações de mercado.

De modo geral, menor inconsistência na resposta de produtividade das cultivares e maior benefício econômico da aplicação de fungicida, dado pelo número de cultivares com rendimento superior ao custo de aplicação, ocorreram nas situações em que foram registradas as maiores severidades das doenças. Os maiores rendimentos produtivos e as menores inconsistências de resposta à aplicação de fungicidas ocorrem em situações de elevada pressão de doença, que normalmente são resultantes do uso de cultivares suscetíveis em locais com condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças e com elevado potencial de inóculo na área. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Paul et al. (2011). Esses autores utilizaram resultados de experimentos de aplicação foliar de fungicidas conduzidos entre os anos de 2002 e 2009, em quatro estados dos Estados Unidos, para determinar a resposta de produtividade do milho à aplicação de diferentes fungicidas contendo estrobilurinas nas misturas. Segundo os autores, é improvável a obtenção

de benefício econômico da aplicação foliar de fungicidas na cultura do milho quando a severidade das doenças foliares é baixa e a expectativa de produtividade é alta. Wise e Mueller (2011), em experimentos de aplicação de fungicida em milho em diferentes regiões entre os anos de 2005 a 2009, verificaram que em 90% dos tratamentos submetidos à aplicação de fungicida o rendimento foi superior ao custo de aplicação, no estado de Nebraska, onde a pressão de doença é, normalmente, maior. Por outro lado, em locais onde a pressão de doença é baixa, os resultados de aumentos de produtividade foram inconsistentes, quando se compararam tratamentos com e sem aplicação de fungicidas. No presente trabalho, a obtenção de rendimento positivo acima do custo de aplicação foi verificada em um maior número de cultivares quando realizada uma aplicação de fungicida. A obtenção de benefício econômico com duas aplicações de fungicida depende, provavelmente, do nível de doença e da expectativa de produtividade a ser alcançada. Quanto maior a pressão de doença nas fases da cultura posteriores à polinização, maior será o retorno econômico da segunda aplicação. No entanto, se a expectativa de produção for similar àquela obtida com uma aplicação, a probabilidade de retorno econômico da segunda aplicação é menor. Munkvold et al. (2001), utilizando análises de inferência bayesiana para calcular a probabilidade de retorno líquido positivo com uma ou duas aplicações de fungicidas em 10 experimentos de campo, considerando parcelas tratadas e não tratadas, o preço dos grãos e o custo

das aplicações, concluíram que a probabilidade de retorno positivo líquido foi quase sempre maior com uma aplicação de fungicida (acima de 50% em seis dos nove experimentos). Verificaram também que essa probabilidade é fortemente influenciada pela suscetibilidade do híbrido. Segundo os autores, híbridos resistentes são menos responsivos ao tratamento com fungicida que híbridos suscetíveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Paul et al. (2011).

Outro fator que chama a atenção nos resultados obtidos nesse trabalho e nos resultados obtidos por Paul et al. (2011) e Wise e Muller (2011) é a elevada ocorrência de resultados negativos de rendimento, ou seja, quando a produtividade é menor em áreas tratadas com fungicidas em relação a áreas não tratadas. Esse aspecto não tem sido discutido nos trabalhos acima citados. Considerando que os fungicidas do grupo das estrobilurinas podem interferir na fisiologia das plantas de milho, uma questão a ser respondida seria: poderiam esses fungicidas interferir na fisiologia da planta de milho de maneira prejudicial, resultando em redução na produtividade da cultura? Segundo Below et al. (2009), os fungicidas do grupo das estrobilurinas atuam inibindo a atividade da enzima ACC-sintase, enzima chave na síntese de etileno na planta, um hormônio responsável pelo desenvolvimento das espigas. Portanto, a aplicação de fungicidas no milho entre os estádios V11 e V15 atuaria na redução dos níveis de etileno nas plantas resultando em uma intensificação da ocorrência de espigas mal

formadas, com conseqüentes perdas na produtividade. As aplicações de estrobilurina resultaram em 41,2 e 51% de espigas mal formadas quando realizadas nos estádios V11 e V15, respectivamente, contra 0,1 e 1,2% na testemunha sem aplicação. Além desse efeito na síntese de etileno, as estrobilurinas podem atuar em outros processos metabólicos na planta de milho, como a fotossíntese e a degradação de clorofila (GROSSMAN; RETZLAFF, 1997). Segundo Below et al. (2009), não se pode descartar a possibilidade de as estrobilurinas interferirem em outros processos regulatórios nas plantas que afetam a produtividade da cultura sob determinadas situações de ambiente, e que adjuvantes utilizados nas misturas com fungicidas também possam afetar a síntese de etileno na planta e, conseqüentemente, o desenvolvimento normal das espigas. Nesse contexto, vale ressaltar que, nos Estados Unidos, a bula dos produtos Quilt (azoxistrobina + propiconazol) e Quilt Exel (azoxistrobina + propiconazol) registrados para o manejo de doenças na cultura do milho traz uma ressalva de que a aplicação desse produto, antes da fase do pendoamento, pode impor estresses nas plantas que podem inibir o desenvolvimento normal dos grãos, especialmente em condições de estresses ambientais (SYNGENTA CROP PROTECTION, 2011). Conclui-se, portanto, que os resultados de rendimento nas cultivares tratadas com fungicidas apresentaram elevada inconsistência em condições de baixa severidade de doenças. Portanto, é necessário cautela na recomendação de fungicidas,

principalmente se há baixa expectativa de produtividade. Maior frequência de rendimento positivo e de benefício econômico ocorreu quando as aplicações de fungicida foram realizadas em condição de elevada pressão de doença. Recomenda-se a aplicação de fungicidas para cultivares suscetíveis em condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças, no que se refere ao clima e ao sistema de produção. Mais estudos são necessários para o melhor entendimento do efeito das estrobilurinas na fisiologia e seus reflexos sobre a produtividade de plantas de milho.

Referências

ADEE, E. A.; PAUL, L. E.; NAFZIGER, E. D.; BOLLERO, G. Yield loss of corn hybrids to incremental defoliation. **Crop Management**, 2005. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2005/defoliates/>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

AGROCERES. **Guia Agrocere de sanidade**. 2. ed. São Paulo, 1996.

BARTLETT, D. W.; CLOUGH, J. M.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HAMER, M.; PARR-DOBZANSKI, B. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, Sussex, v. 58, p. 649-662, 2002.

BELOW, F. E.; DUNCAN, K. A.; URIBELARREA, M.; RUYLE, T. B. Occurrence and proposed cause of hollow husk in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 237-242, 2009.

BOMFETI, C. A.; SOUZA-PACCOLA, E. A.; MASSOLA JÚNIOR, N. S.; MARRIEL, I. E.; MEIRELLES, W. F.; CASELA, C. R.; PACCOLA-MEIRELLES, L. D. Localization of *Pantoea ananatis* inside lesions of maize white spot diseases using

transmission electron microscopy and molecular techniques.

Tropical Plant Pathology, Brasília, v. 33, p. 63-66, 2008.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. The phaeosphaeria leaf spot of maize in Brazil: evidence of a new etiological agent?

Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 31, p. 335-336, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, p. 366-372, 2010.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDA, M. P.; MASSIGNAM, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; MARTINS, K. V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 771-777, 2010.

GROSSMAN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicide strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.

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

KHAN, M. F. R.; CARLSON, A. L. Effect of fungicides on sugar beet yield, quality, and postharvest respiration rates in the absence of disease. **Plant Health Progress**, 2009. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2009/beet>>. Acesso em: 23 ago. 2012.

LANZA, F. E. **Mancha branca do milho**: etiologia e resistência de genótipos. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MUNKVOLD, G. P.; MARTINSON, C. A.; SHRIVER, J. M.; DIXON, P. M. Probabilities for profitable fungicide use against

gray leaf spot in hybrid maize. **Phytopathology**, St. Paul, v. 91, p. 477-484, 2001.

NASON, M. A.; FARRAR, J.; BARTLETT, D. Strobilurin fungicides induce changes in photosynthetic gas exchange that do not improve water use efficiency of plants grown under conditions of water stress. **Pest Management Science**, Sussex, v. 63, p. 1191-1200, 2007.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; STEVENS, W. E.; DUNN, D.; MEINHARDT, C. G. Soybean response to preplant and foliar-applied potassium chloride with strobilurin fungicides. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, p. 1657-1663, 2010.

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

PAUL, P. A.; MADDEN, L. V.; BRADLEY, C. A.; ROBERTSON, A.; MUNKVOLD, G.; SHANER, G.; WISE, K.; MALVICK, D.; ALLEN, T. W.; GRYBAUSKAS, A.; VINCELLI, P.; ESKER, P. Meta-Analysis of yield response of hybrid field corn to foliar fungicides in the U.S. corn belt. **Phytopathology**, St. Paul, v. 101, p. 1122-1132, 2011.

PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, p. 134-138, 2004.

RAVA, C. A. Eficiência de fungicidas no controle da antracnose e mancha angular do feijoeiro comum. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 28, p. 65-69, 2002.

RUSKE, R. E.; GOODING, M. J.; JONES, S. A. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**,

Tokyo, v. 140, p. 395-407, 2003.

SHAH, D. A.; DILLARD, H. R. Managing foliar diseases of processing sweet 10 corn in New York with strobilurin fungicides. **Plant Disease**, St. Paul, v. 94, p. 213-220, 2010.

SCHERM, H.; CHISTIANO, R. S. C.; ESKER, P. D.; DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, Surrey, v. 28, p. 774-782, 2009.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SYNGENTA CROP PROTECTION. **Fungicide Quilt Xcel**. Greensboro, 2011. Disponível em: <<http://www.syngentacropprotection.com/pdf/labels/SCP1324AL10309.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

SWOBODA, C.; PEDERSEN, P. Effect of fungicide on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 352-356, 2009.

VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publicatio UEPG. Ciências Exatas e da terra, ciências agrárias e engenarias**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2003.

VINCELLI, P. **Qol (strobilurin) fungicides: benefits and risks**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 2007. Plant Health Instructor.

WISE, K.; MUELLER, D. **Are fungicides no longer just for fungi?** An analysis of foliar fungicide use in corn. St. Paul: The American Phytopathological Society, 2011. APSnet Features.

WU, Y.; VON TIEDEMANN, A. Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone. **Environmental Pollution**, Essex, v. 116, p. 37-47, 2002.

WU, Y.; VON TIEDEMANN, A. Physiological effect of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 71, p. 1-10, 2001.

Embrapa

Milho e Sorgo



Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA