

Efeito do indutor de resistência acibenzolar-S-methyl (ASM) associado a fungicidas no controle de doenças foliares em milho

Maurício Maraschin Neumann⁽¹⁾; Daelcio Vieira Spadotto⁽¹⁾; Natan Crestani⁽¹⁾; Jefferson Gonçalves Acunha⁽²⁾.

⁽¹⁾ Discentes de bacharelado em Agronomia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul; Sertão, Rio Grande do Sul; mauricioneumann66@gmail.com; daelciospadotto@gmail.com; natancrestani@hotmail.com; ⁽²⁾ Docente do bacharelado em Agronomia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.

RESUMO: O milho é uma cultura muito importante para a população mundial, sendo assim as doenças que lhe afetam o desenvolvimento são um dos principais problemas para a cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de acibenzolar-S-methyl (ASM) associado a fungicidas no controle de doenças foliares e na produtividade do milho. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial “3x4”. O primeiro fator foi constituído de diferentes números de aplicações de ASM (zero, um, dois) e o segundo constituiu-se de uma aplicação de diferentes fungicidas (testemunha, tebuconazol, trifloxistrobina + prothioconazol, piraclostrobina + epoxiconazol). O híbrido utilizado foi P1630H. A primeira aplicação de ASM foi realizada via foliar em V7 e a segunda em V10. Os fungicidas foram aplicados no pendoamento. As avaliações foram realizadas semanalmente, dos 67 aos 102 dias após a semeadura (DAS), para a severidade da mancha branca e helmintosporiose. As médias de severidade e da área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD) para ambas as doenças e a produtividade foram submetidas a análises de variância e ao teste de Scott-Knott. Concluiu-se que o ASM conseguiu reduzir o desenvolvimento de ambas as doenças, o que não acarretou em maior rendimento. Já os fungicidas em mistura comercial conseguiram aumentar o rendimento com relação à testemunha.

Termos de indexação: *Zea mays*, AACPD, Resistência Sistêmica Adquirida.

INTRODUÇÃO

O rendimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) está na interdependência de muitos fatores dentre os quais poderiam ser destacados os fitossanitários

(plantas daninhas, pragas e doenças). A partir da década de 90, uma série de doenças fúngicas foliares vem causando sensível redução qualitativa e quantitativa na produção de milho (Pinto, 2004).

O fungo *E. turcicum* está amplamente disseminado nas áreas de cultivo do país, podendo causar grande dano econômico à cultura, caso encontre condições propícias para o seu desenvolvimento (alta umidade, temperaturas entre 18 e 27°C, área semeada com cultivar suscetível). A sintomatologia da doença se caracteriza por lesões necróticas, elípticas, que variam de 2,5 a 15,0 cm de comprimento (Kimati et al., 1997).

A mancha branca encontra condições ideais ao seu desenvolvimento geralmente em altitudes acima de 600 metros (umidade relativa elevada e temperaturas moderadas). A doença causa lesões arredondadas, pequenas e esbranquiçadas, com bordas escuras. Há controvérsias sobre o agente etiológico desta doença, onde estudos antigos a classificavam como causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis* (Kimati et al., 1997), ou mais recentes, pela bactéria *Pantoea ananatis* (Gonçalves, 2012).

A resistência sistêmica adquirida (RSA) é um mecanismo de amplo espectro de defesa da planta, que pode ser induzido biologicamente pela infecção da planta com uma cepa fraca de um patógeno específico (Kuhn, 2007), ou mediante a exposição da planta a um composto natural ou sintético, como, por exemplo, o acibenzolar-S-methyl (ASM), que tenha a capacidade de levá-la a um estado induzido (Percival, 2001; Kuhn, 2007). O ASM é um análogo sintético do ácido salicílico, derivado do benzothiadiazole (BTH), mostrando-se como um dos mais efetivos ativadores de defesa das plantas, além de ter baixo efeito fitotóxico (Friedrich et al., 1996). O mecanismo de ação do ASM envolve a expressão de genes relativos à RSA, que seriam os

mesmos ativados pelo ácido salicílico (Ryals et al., 1996).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do indutor de resistência ASM associado a fungicidas no rendimento de grãos e no controle de doenças foliares da cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na safra 2015/16 na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus Sertão*, localizado às coordenadas 28° 2' 40.55" S e 52° 16' 9.22" W. O solo da área experimental, segundo Streck et al. (2008), é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico. O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como Cfa (Moreno, 1961).

A semeadura foi realizada no dia 21/11/2015, em sistema de plantio direto, com espaçamento interlinear de 45 cm. A adubação foi realizada conforme as recomendações de Rolas (2004) para uma expectativa de rendimento de nove Mg ha⁻¹.

O híbrido utilizado foi o P1630H[®], que apresenta susceptibilidade para *E. turcicum* e mancha branca. O estande final de plantas foi de 80 mil plantas ha⁻¹.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial "3x4", com quatro blocos. O primeiro fator constituiu-se de diferentes números de aplicações de ASM em via foliar (zero, um e dois) e o segundo da aplicação de diferentes fungicidas (testemunha – somente água, tebuconazol, mistura comercial de trifloxistrobina com proclonazol, mistura comercial de piraclostrobina com epoxiconazol). Cada parcela constituiu-se de quatro metros de comprimento por 3,15 metros de largura, sendo que as três linhas centrais foram usadas como área útil de avaliação da parcela.

O indutor de resistência ASM, cuja primeira aplicação foi realizada no dia 29/12, no estádio V7, foi aplicado na dose de 12,5 g/ha. A segunda aplicação deste produto foi realizada 15 dias após a primeira, no dia 12/01, estando a cultura no estádio V10. Os fungicidas, por sua vez, foram todos aplicados no início do período reprodutivo VT (pendoamento), no dia 02/02. Estes foram utilizados da seguinte forma: tebuconazol (200 g L⁻¹) na dose de 1 L ha⁻¹; mistura comercial de trifloxistrobina com proclonazol (150 + 175 g L⁻¹) na dose de 0,4 L ha⁻¹; e mistura comercial de piraclostrobina com epoxiconazol (133 + 50 g L⁻¹) na dose de 0,6 L ha⁻¹.

A primeira avaliação foi realizada dia 20/01, oito dias após a segunda aplicação do indutor de resistência, o que correspondeu a 60 dias após a semeadura (DAS). As avaliações posteriores foram

realizadas semanalmente, tendo acontecido aos 67, 74, 81, 88, 95 e 102 DAS, sendo que a terceira avaliação (aos 74 DAS) foi realizada um dia após a aplicação dos fungicidas. Por parcela, foram avaliadas dez folhas do terço médio de dez plantas, as quais, após seleção aleatória, foram previamente marcadas com o auxílio de uma fita azul não degradável.

As doenças avaliadas foram a helmintosporiose, utilizando-se para tal a escala diagramática proposta por Lazaroto et al. (2012), e a mancha branca, conforme a escala de Sachs et al. (2011). Os dados de severidade foliar foram utilizados para posterior cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Campbell & Madden (1990).

Os dados foram submetidos à avaliação pelo software estatístico R (R Core Team, 2016), através da sua linguagem de programação associada, mediante estudos de análise de variância (ANOVA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo cálculo da AACPD para ambas as doenças estão dispostos na **tabela 1**. Para a mancha branca, houve diferença significativa para o primeiro fator (aplicação de ASM). No caso, menor progresso deste complexo de doenças foi notado com a realização de duas aplicações do indutor de resistência. Já para o progresso da helmintosporiose, também encontrou-se diferença significativa para o primeiro fator, tendo uma ou duas aplicações reduzido o progresso da doença com relação à testemunha.

Tabela 1 – Valores médios da AACPD da mancha branca e helmintosporiose sobre o híbrido de milho P1630H[®]. IFRS, Sertão, RS, 2016.

Aplicações de ASM	AACPD (unidades de área) ¹			
	Mancha Branca	Helmintosporiose		
0	66,4	b	223,8	B
1 ²	58,3	b	196,2	A
2 ³	46,6	a	196,2	A

¹ Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ² Aplicação realizada no estádio V7. ³ Aplicações realizadas nos estádios V7 e V10. CV_{exp.} = 20,14% para mancha branca. CV_{exp.} = 13,01% para helmintosporiose.

A redução da AACPD de diversas doenças causada pelo efeito do acibenzolar-S-methyl é muito

comum nos mais variados tipos de plantas (Nojosa et al., 2009; Júnior, 2006).

Na **tabela 2** são descritos os percentuais de severidade à última avaliação (aos 102 DAS) para a mancha branca e para a helmintosporiose. Para ambas as doenças, não houve diferença significativa para o primeiro fator, senão apenas para o segundo fator em análise (fungicidas). Neste caso, todos os produtos aplicados obtiveram melhor performance de controle do que a testemunha, estatisticamente. Isto pode ser explicado pelo possível tempo de duração da resistência, pois a última aplicação de ASM havia sido realizada aos 52 DAS. Deste modo, o efeito do indutor não teria se prolongado a ponto de causar impacto ao tempo da última avaliação, realizada 50 dias depois. Contudo, ainda que pontualmente (aos 102 DAS) não se tenha detectado efeito do indutor sobre a severidade das doenças avaliadas, do ponto de vista cumulativo (progresso das epidemias), houve impacto na redução da intensidade dos doenças ao longo do tempo (**tabela 1**), ainda que as mesmas não tenham apresentado altas severidades.

Para os fungicidas, no entanto, observou-se diferença, pois, tendo sido aplicados no estágio do pendoamento (73 DAS), a sua ação ainda se percebia ao momento da última avaliação.

Tabela 2 – Valores percentuais médios de severidade de mancha branca e helmintosporiose no híbrido de milho P1630H. IFRS, Sertão, RS, 2016.

Fungicidas ¹	Severidade (%) ²			
	Mancha Branca	Helmintosporiose		
Testemunha	12,8	b	14,0	B
Tebuconazol	9,6	a	11,1	A
Trifloxistrobina + Protioconazol	9,0	a	10,4	A
Piraclostrobina + Epoconazol	7,4	a	9,9	A

¹ Fungicidas aplicados do estágio VT (Pendoamento). ² Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo de teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CVexp. = 25,48% para mancha branca. CVexp. = 14,76% para helmintosporiose.

Para Souza (2005), o controle da mancha branca e da cercosporiose em milho deve ser baseado no uso de fungicidas em mistura de estrubirulinas e triazóis. Jann (2004) apud Duarte (2009) constatou que o uso de uma mistura comercial de piraclostrobina com epoxiconazol, em diversas doses, foi eficiente para o controle da mancha

branca. Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por Duarte (2009).

Os valores de rendimento de grãos dos diferentes tratamentos podem ser visualizados na **tabela 3**. Só foram detectadas diferenças significativas para o segundo fator (fungicidas), sendo que as parcelas nas quais foram aplicadas as misturas comerciais (trifloxistrobina com protioconazol e piraclostrobina com epoxiconazol) diferenciaram-se daquelas em que se aplicou o fungicida tebuconazol, bem como da testemunha.

Tabela 3 - Valores médios de rendimento do híbrido de milho P1630H. IFRS, Sertão, RS, 2016.

Fungicidas ¹	Rendimento (kg ha ⁻¹) ²	
Testemunha	6512,7	B
Tebuconazol	6901,3	B
Trifloxistrobina + Protioconazol	7145,6	A
Piraclostrobina + Epoconazol	7620,5	A

¹ Fungicidas aplicados do estágio VT (Pendoamento). ² Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo de teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CVexp. = 8,25%.

Duarte (2009) observou diferenças de rendimento semelhantes em testes de fungicidas, nos quais o tebuconazol havia tido desempenho semelhante ao da testemunha. Por sua vez, a aplicação da mistura de piraclostrobina com epoxiconazol originou melhores resultados de rendimento com relação à testemunha. Fungicidas do grupo das estrobilurinas, segundo Costa et al. (2012), têm a capacidade de interferir em diversos processos fisiológicos das plantas, podendo impactar positivamente no rendimento das culturas. Tais possíveis efeitos poderiam explicar o porquê das misturas contendo estrobilurinas terem se mostrado superiores em termos de rendimento de grãos, ainda que não tenham causado impacto significativo no progresso das epidemias avaliadas.

Kuhn (2007) constatou, em feijão, indução de resistência devida ao uso de acibenzolar-S-methyl e *Bacillus cereus* como elicitores. Neste trabalho, o ASM havia levado a um aumento da atividade de peroxidase, quitinase, β -1,3-glucanase, proteases, da síntese de lignina, tendo também ocasionado redução no teor de fenóis. Estas alterações bioquímicas causaram impacto no metabolismo das plantas, em comparação com o indutor biótico (*B. cereus*), levando, assim, a uma realocação de fotoassimilados para a defesa da planta, o que reduziu o rendimento do feijoeiro. Observa-se, então, que o ASM conseguiu diminuir o progresso da doença sem, contudo, aumentar o rendimento de

grãos, pois, a sua utilização aumenta a síntese de proteínas (enzimas) ligadas à patogênese, como quitinases, peroxidases, etc., para além de outros compostos (Cavalcanti et al., 2006; Ishida et al., 2008). De fato, a expressão de genes de efeito indutivo, ligados à síntese e à ativação de tais proteínas, pode desencadear um processo de competição, em termos de custo energético, com as demais proteínas que são necessárias ao metabolismo primário, às atividades normais de crescimento e desenvolvimento da planta (Barros, 2011). Sendo assim, aplicações de indutores (elicitores) como o ASM, sem estudos preliminares que estimem estes efeitos, poderão acarretar perdas de produtividade, ainda que em níveis mínimos. Ademais, a expressão de outros tipos de mecanismos de defesa induzida por parte dos elicitores poderia impactar inesperadamente processos como o de expansão celular, devido ao aumento no teor de lignificação dos tecidos em nível de parede celular, o que acarretaria dificuldades ao crescimento celular (Cavalcanti et al., 2006; Ishida et al., 2008).

CONCLUSÕES

O uso de ASM deteve o progresso de ambas as doenças ao longo do tempo. Mas devido a um possível gasto energético, o menor progresso das doenças avaliadas não resultou em maiores rendimentos.

Quanto aos fungicidas, foi observado um incremento de produtividade no uso de fungicidas em mistura de triazóis e estrubirulinas.

REFERÊNCIAS

- BARROS, R. Estudo sobre a aplicação foliar de acibenzolar-S-metil para indução de resistência à ferrugem asiática em soja e cercosporiose em milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 519-528, 2011.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York: J. Willey, 1990. 532 p.
- CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; ZACARONI, A. B.; JÚNIOR, P. M. R.; COSTA, J. C. B.; SOUZA, R. M. Acibenzolar-S-metil e Ecolife na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 372-380, 2006.
- COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; MEIRELLES, W. F.; LANZA, F. E. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de estrubirulinas em milho. **Tropical Plant Pathology**, vol. 37(4):246-254, 2012.
- DUARTE, R. P.; JULIATTI, F. C.; FREITAS, P. T. Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 101-111, 2009.
- FRIEDRICH, L. A benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco. **The Plant Journal**, London, v. 10, p. 61-70, 1996.
- ISHIDA, A. K. N.; SOUZA, R. M.; RESENDE, M. L. V.; CAVALCANTI, F. R.; OLIVEIRA, D. L.; POZZA, E. A. Rhizobacterium and acibenzolar-S-methyl (ASM) in resistance induction against bacterial blight and expression of defense responses in cotton. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.33, n.1, p.27-37, 2008.
- GONÇALVES, R. M. Estudos etiológicos da mancha branca do milho e identificação de hospedeiros alternativos de *Pantoea ananatis*. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina.
- JÚNIOR, P. M. R. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb. em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotécnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 629-636, 2006.
- KIMATI, H.; FILHO, A. B.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: Volume 2: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. 700 p.
- KUHN, O. J. Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção. 2007. 138f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- LAZAROTO, A.; SANTOS, I.; KONFLANZ, V. A.; MALAGI, G.; CAMOCHENA, R. C. Escala diagramática para avaliação de severidade da helmintosporiose comum em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, 2012.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 35 p.
- NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; BARGUIL, B. M.; MORAES, S. R. G.; BOAS, C. H. V. Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.
- PERCIVAL, G. C. Induction of systemic acquired disease resistance in plants: potential implications for disease management in urban forestry. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 27, n. 4, p. 181-192, 2001.
- PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 134-138, 2004.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical



Computing, Vienna, Austria. Disponível em:
<<http://www.R-project.org/>>. 2016.

ROLAS – Rede Oficial de Análise de Solo e Tecido Vegetal. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

RYALS, J. A.; NEUENSCHWANDER, U. H.; WILLITS, M. G.; MOLINA, A.; STEINER, H.; HUNT, M. D. Systemic acquired resistance. **The Plant Cell**, Rockville, v. 8, p. 1809-1819, 1996.

SACHS, P. J. D.; NEVES, C. S. V. J.; CANTERI, M. G.; SACHS, L. G. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 4, p. 202-204, 2011.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

**“Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar”**
