

Ação curativa e protetora de compostos orgânicos e inorgânicos no controle de *Microsphaera diffusa* em soja

Curative and protective action of organic and inorganic compounds in the control of Microsphaera diffusa in soybean

Emanuelli Bizarro Furtado*, Keilor da Rosa Dorneles, Leandro José Dallagnol

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. *Autor para correspondência: emanuelifurtado@gmail.com.

Submissão: 07/06/2019 | Aceite: 10/12/2019

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos produtos acibenzolar-s-metil, fosfito de potássio, silicato de potássio e trifloxistrobina + protioconazole no controle curativo do oídio (*Microsphaera diffusa*) na soja. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema unifatorial, contendo cinco tratamentos com quatro repetições. A aplicação dos produtos foi realizada no estágio fenológico V₄, no qual as plantas possuíam 5% de severidade da doença. Aos 7, 14 e 21 dias após aplicação dos tratamentos (DAA), foi avaliada a incidência e severidade da doença. O trifloxistrobina + protioconazole reduziu a incidência em 30% e a severidade em 80%, quando comparado ao controle. Também foi avaliado o efeito inibitório dos produtos na produção de conídios *in vivo* e na sua germinação *in vitro*. O trifloxistrobina + protioconazole proporcionou a maior redução na produção de conídios e na inibição da germinação. O acibenzolar-s-metil, fosfito de potássio e silicato de potássio também reduziram a germinação de conídios, mas não afetaram a produção. Com base nisso, conclui-se que, o fungicida trifloxistrobina + protioconazole reduziu a produção de conídios e inibiu sua germinação, apresentando efeito curativo e protetor contra oídio em soja e que os indutores de resistência testados, interferem na germinação do patógeno, mas sem efeito significativo na doença quando aplicados após o surgimento dos sintomas.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* L., oídio, controle químico, indutores de resistência.

ABSTRACT

The objective of this work was to assess the effect of acibenzolar-s-methyl, potassium phosphite, potassium silicate, and trifloxystrobin + prothioconazole products on curative control of powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) in soybean. The experimental design was completely randomized, in a single factor scheme, containing five treatments with four replications. The products were applied on leaves at the V₄ phenological stage, with disease severity of 5%. At 7, 14, and 21 days after the application of the products (DAA), the incidence and severity of the disease were assessed. The trifloxystrobin + prothioconazole reduced by 30% the disease incidence and 80% disease severity compared to the control. The inhibitory effect of the products on conidia production *in vivo* and its germination *in vitro* were also assessed. Trifloxystrobin + prothioconazole was more effective in the reduction of both conidia production and germination. Acibenzolar-s-methyl, potassium phosphite, and potassium silicate reduced conidia germination, but neither affected the disease severity nor the conidia production. Based on this, it can be concluded that the fungicide trifloxystrobin + prothioconazole reduced the production of conidia and inhibited its germination, showing curative and protective effect against soybean powdery mildew and that the resistance inducers tested interfered with pathogen germination, but without significant effect on the disease when applied after the onset of symptoms.

KEYWORDS: *Glycine max* L., powdery mildew, chemical control, resistance inducers.

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas de maior expressão econômica na agricultura brasileira. A demanda global pela oleaginosa, tanto para pecuária como para alimentação humana é crescente, impulsionando a expansão de áreas cultivadas com a cultura e o aumento da produtividade por unidade de área (SALVADORI et al. 2016, CONAB 2019). O Brasil é o segundo maior produtor mundial da cultura, obtendo na safra 2017/18 a produção de 119,2 milhões de toneladas, com uma produtividade média das

lavouras brasileiras de 3.394 kg ha⁻¹ (CONAB 2019). No entanto, a ocorrência de doenças foliares é um dos principais fatores de redução da produtividade e qualidade do grão, sendo um desafio constante para os sojicultores (SILVA et al. 2013).

Dentre as doenças, o oídio (*Microspphaera diffusa* Cke. & Pk.), que até a safra 1995/96 era considerado uma doença secundária, vem ganhando destaque por apresentar elevada severidade em grande parte das regiões sojícolas, quando em condições climáticas favoráveis (temperaturas em torno de 20 °C e umidade relativa entre 50 e 90%) (TOIGO et al. 2008).

Microspphaera diffusa é um parasita obrigatório que tem capacidade de infectar a parte aérea da planta de soja, incluindo hastes, pecíolo e vagem, no entanto, sua ocorrência é mais comum nas folhas (SILVA et al. 2013, YULIA et al. 2017). A sua patogênese, inicia com a deposição dos seus conídios sobre a folha, que germinam e infectam as células da epiderme e posteriormente o micélio coloniza a superfície foliar, resultando em uma camada de micélio branco e pulverulento. Com o avanço da colonização e o envelhecimento da colônia, a coloração das estruturas fúngicas passam de branca para castanho-acinzentada (YULIA et al. 2017).

O fungo *M. diffusa* sobrevive em plantas voluntárias da soja e é facilmente disseminado pelo vento, o que torna a rotação de cultura, como prática de manejo, inviável ou insatisfatória para controle do patógeno. A principal medida de controle é o uso de cultivares resistentes, porém há certa carência de cultivares com resistência completa (BRASIL et al. 2018). Assim, o controle químico com fungicida realizado de forma curativa tornou-se uma alternativa adotada pelos sojicultores, entretanto, nos últimos anos tem aumentado a busca por alternativas de controle mais econômicas e ambientalmente amigáveis (SILVA et al. 2013).

Com base no exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de fungicida e produtos alternativos na redução da incidência e severidade do oídio da soja.

Sementes de soja da cultivar M5947 IPRO (Monsoy[®]) foram semeadas em vasos de plástico de 2 dm³, contendo solo classificado como Argissolo amarelo eutrófico típico. O solo utilizado apresentava as seguintes características físico-químicas: 54 g kg⁻¹ silte; 251 g kg⁻¹ argila; classe textural médio argiloso; pH em água 5,8; 12 mg dm⁻³ P; 6 mg dm⁻³ S; 5,8 mg dm⁻³ K; 3,1 cmolc dm⁻³ Ca; 1,7 cmolc dm⁻³ Mg, 0,6 cmolc dm⁻³ Al; 4,4 cmolc dm⁻³ H + Al; 53% Saturação por Bases; 1,99% MO; Índice SMP 6. Sendo a sua fertilidade corrigida, utilizando o fertilizante químico NPK (00-20-20), conforme recomendações da cultura (SALVADORI et al. 2016).

As plantas foram mantidas em casa de vegetação, com temperatura oscilando entre 20 e 25 °C, sob luz natural, durante todo período do experimento. A irrigação manual das plantas foi realizada até o solo atingir a capacidade de campo.

A aplicação dos produtos testados foi realizada em plantas no estágio fenológico V₄ (segundo escala de FEHR & CAVINESS 1977) que apresentavam 5% de severidade de oídio. A ocorrência da doença foi devido ao inóculo do patógeno presente no ambiente, não sendo realizada inoculação artificial das plantas. Os produtos aplicados foram: T1- acibenzolar-s-metil (ASM) 50 g ha⁻¹, T2- fosfito de potássio 2 L ha⁻¹, T3- silicato de potássio 2,5 L ha⁻¹ e T4 - trifloxistrobina + protioconazole 0,4 L ha⁻¹. Para o tratamento controle (T5) foi utilizada água destilada. A aplicação foi realizada no período da manhã, utilizando um pulverizador costal pressurizado por CO₂, equipado com barra de 4 bicos contendo pontas de jato plano em leque, série 110.02, espaçadas em 50 cm, calibrado para aplicar volume de calda de 200 L ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema unifatorial, consistindo de cinco tratamentos (ASM, fosfito de potássio, silicato de potássio, trifloxistrobina + protioconazole e água destilada), com quatro repetições, sendo cada repetição composta por um vaso com quatro plantas.

As variáveis epidemiológicas avaliadas foram a incidência e a severidade do oídio aos 7, 14 e 21 dias após aplicação dos tratamentos (DAA) em duas plantas por repetição. A incidência por planta foi expressa em porcentagem de trifólios sintomáticos em relação ao número total de trifólios da planta. A severidade foi expressa em porcentagem de área foliar total afetada, com base na escala diagramática proposta por MATTIAZZI (2003). A severidade foi expressa como média dos terços (inferior, médio, superior) da planta.

Aos 21 DAA foi avaliado o efeito dos produtos na inibição da esporulação do patógeno. Para isto, foi retirado do terço médio da planta, um disco foliar de 23 mm do folíolo central de um trifólio. Toda a superfície dos discos coletados apresentava sintomas da doença. Os discos (oito por tratamento) foram colocados em tubos Falcon de 50 mL contendo 20 mL de água destilada e tween 80% e posteriormente agitados em vortex (Phoenix[®], Ap56) por 60 segundos. Após este procedimento, fez-se a contagem dos conídios utilizando a câmara de Neubauer.

O efeito dos produtos na germinação dos conídios foi avaliado *in vitro*. Para tal, placas de Petri

contendo meio ágar-água (2%) foram pulverizadas com solução de cada tratamento, simulando a forma de aplicação na planta. Para cada tratamento foram utilizadas seis placas. Vinte e quatro horas após a pulverização dos produtos, conídios do patógeno foram coletados, em plantas fonte de inóculo, com auxílio de um pincel e depositados sob o meio de cultura nas placas de Petri. Em seguida, as placas foram incubadas com fotoperíodo de 12 horas a 24 °C por 24 horas, e após esse período a germinação dos esporos do fungo foi paralisada com o corante azul de algodão. Em microscópio de luz (Olympus®, Cx41) foram contados 50 esporos por repetição, totalizando 300 esporos por tratamento, sendo considerados germinados os esporos que apresentaram emissão de tubo germinativo. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) no software SAS (SAS Institute, 1989, Cary, NC).

Os resultados apresentados neste estudo demonstram que a aplicação de forma curativa dos produtos ASM, fosfito de potássio, silicato de potássio, de maneira geral, não afetam a incidência e a severidade do oídio causado por *M. diffusa* (Tabela 1). Por outro lado, o fungicida reduziu a incidência e a severidade do oídio, especialmente aos 21 DAA.

O silicato de potássio e o fosfito de potássio não alteraram significativamente a severidade do oídio em relação ao tratamento controle (Tabela 1). Por outro lado, as plantas tratadas com ASM apresentaram severidade maior que a observada no controle aos sete dias após aplicação. Na Figura 1, observa-se que a severidade do oídio foi menor nas plantas tratadas com fungicida, independente do terço da planta. Para o silicato de potássio e fosfito de potássio, controle da doença foi observado somente na parte superior da planta. Entretanto, nas plantas tratadas com ASM, independente do terço da planta, a severidade do oídio foi igual ou superior aos demais tratamentos. Esse resultado é consistente com o esperado para atividade de um indutor de resistência que deve ser aplicado antes da infecção. Ineficiência do controle pelo ASM também ocorreu em plantas de cevada tratadas após infecção de *Blumeria graminis* (GORLACH et al. 1996).

Tabela 1. Incidência e severidade do oídio em plantas de soja da cultivar M5947 IPRO que receberam aplicação foliar de acibenzolar-s-metil, fosfito de potássio, silicato de potássio e trifloxistrobina + prothioconazole.

Table 1. Incidence and severity of power mildew on soybean plants of cultivar M5947 IPRO treated with acibenzolar-s-methyl, potassium phosphite, potassium silicate, and trifloxystrobin + prothioconazole.

Tratamentos	Dias após a aplicação (DAA)					
	7		14		21	
	Incidência	Severidade*	Incidência	Severidade	Incidência	Severidade
	-----%-----					
Acibenzolar-s-metil	42,50 a	11,75 a	53,33 a	24,25 a	88,96 a	40,75 a
Fosfito de potássio	42,91 a	6,12 b	49,10 a	19,50 a	82,49 ab	36,50 a
Silicato de potássio	37,50 ab	5,25 b	47,74 a	13,37 ab	91,31 a	29,75 a
Fungicida	26,25 b	1,50 c	20,50 b	2,75 b	61,02 b	4,25 b
Controle	37,91 ab	7,50 b	51,07 a	13,87 ab	87,18 a	27,75 a
CV%	19,04	24,34	19,83	38,66	14,35	27,58

Tratamentos: fungicida (trifloxistrobina + prothioconazole) e controle (água destilada). Médias seguidas pela mesma letra, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). * = a severidade foi expressa como média da planta considerando os terços inferior, médio e superior.

Quanto ao efeito inibitório dos tratamentos na produção de esporos, apenas o trifloxistrobina + prothioconazole reduziu a esporulação em 89% quando comparado com o controle. O silicato de potássio, o ASM e o fosfito de potássio não diferiram estatisticamente do controle (Tabela 2).

Para o teste de germinação dos conídios *in vitro*, o trifloxistrobina + prothioconazole foi o mais eficiente, reduzindo em 80% a germinação dos conídios, quando comparados com o controle (Tabela 2). Os ASM, fosfito de potássio e silicato de potássio apresentaram reduções na germinação de 60, 45 e 61% respectivamente, quando comparados ao controle (Tabela 2).

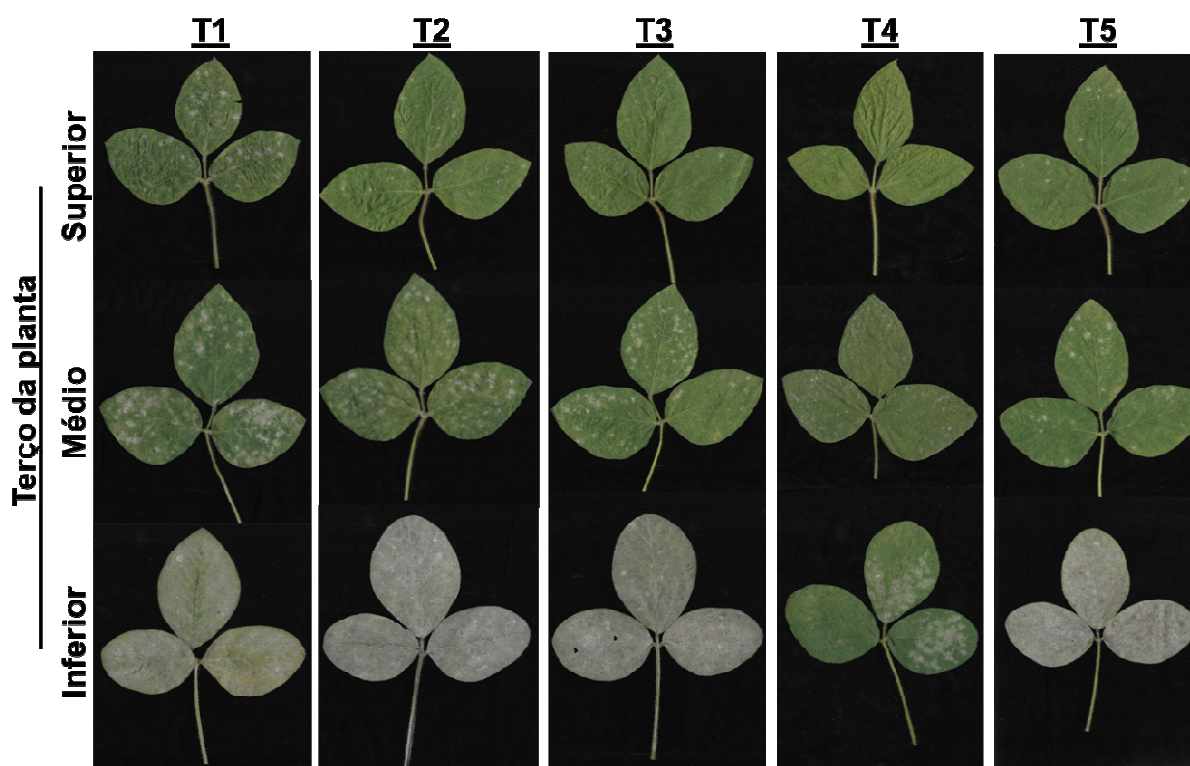


Figura 1. Trifólios de soja apresentando a severidade do oídio, aos 21 dias após aplicação (DAA) dos produtos, coletados do terço superior, médio e inferior de plantas de soja da cultivar M5947 IPRO, tratadas com: T1 - acibenzolar-s-metil, T2 - fosfito de potássio, T3 - silicato de potássio, T4 - trifloxistrobina + protioconazole e T5 - água destilada (controle).

Figure 1. Trifoliolate leaves showing the severity of power mildew, at 21 days after products application (DAA), on top, middle and bottom portion of soybean plants of cultivar M5947 IPRO, treated with: T1 - acibenzolar-s-methyl, T2 - potassium phosphite, T3 - potassium silicate, T4 - trifloxystrobin + prothioconazole and T5 - distilled water (control).

Tabela 2. Efeito do acibenzolar-s-metil, fosfito de potássio, silicato de potássio e trifloxistrobina + protioconazole na produção de conídios *in vivo* e na germinação *in vitro* dos conídios de *Microsphaera diffusa*.

Table 2. Effect of acibenzolar-s-methyl, potassium phosphite, potassium silicate and trifloxystrobin + prothioconazole on conidia production (*in vivo*) and conidia germination (*in vitro*) of *Microsphaera diffusa*.

Tratamentos	Produção de conídios (10 ⁴ mL)	Germinação (%)
Acibenzolar-s-metil	1,44 a	32,56 b
Fosfito de potássio	1,40 a	45,52 b
Silicato de potássio	0,55 ab	31,94 b
Fungicida	0,16 b	9,01 c
Controle	1,50 a	82,22 a
CV%	45,25	23,18

Tratamentos: fungicida (trifloxistrobina + protioconazole) e controle (água destilada). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O ASM, fosfito de potássio e silicato de potássio, são compostos renomados em estudos fitopatológicos, visando o controle de doenças. Estes compostos, atuam na planta, na forma de indutores de resistência, estimulando o sistema de defesa da planta contra o ataque dos patógenos (SILVA et al. 2013, OLIVEIRA et al. 2015). A eficácia do ASM no controle de doenças da soja é observada quando aplicado de forma preventiva, como relatado por DALLAGNOL et al. (2006), o que explica o efeito insatisfatório do composto neste estudo. Já o silicato de potássio, quando aplicado via foliar, forma uma

camada protetora na superfície na folha que auxilia no retardamento da infecção do patógeno, porém não a impede (OLIVEIRA et al. 2015). O fosfito de potássio, também atua como indutor de resistência, no entanto, na literatura, a maior eficácia dos fosfitos é descrita para os Oomycetos (SILVA et al. 2013). A maior eficácia do fungicida trifloxistrobina + proclorazolo no controle da doença é devido as suas propriedades de ação curativa e protetora, sendo eficiente em todas as fases do ciclo de infecção do patógeno. Além disso, a ação protetora deve-se ao efeito residual de aproximadamente 15 dias, contribuindo para o atraso no progresso da doença, constituindo-se, portanto, na opção mais eficiente no controle do oídio da soja, após o controle genético (BLUM et al. 2002).

Os produtos ASM, fosfito de potássio e silicato de potássio, além da ação indireta na planta, têm ação direta nos patógenos, tendo efeito tóxico sobre estes (OLIVEIRA et al. 2015, BRUZAMARELLO et al. 2018). Isto explica os resultados observados nesse estudo, onde esses compostos afetaram negativamente a germinação *in vitro* dos conídios do *M. diffusa*. No entanto, a inibição na germinação dos conídios pelos produtos indutores não foi suficiente para impedir o desenvolvimento da doença.

Com base nos dados apresentados, conclui-se que, o fungicida trifloxistrobina + proclorazolo é eficiente no controle do oídio da soja tanto *in vivo* como *in vitro*, devido ao seu efeito inibidor na produção de esporos e germinação de conídios, atuando como produto protetor e curativo, neste caso especialmente quando em baixa severidade inicial. Além disso, foi observado que os indutores de resistência testados, apesar de não possuírem efeito curativo, apresentam ação direta ao patógeno interferindo na germinação dos conídios *in vitro*.

REFERÊNCIAS

- BLUM LEB et al. 2002. Fungicidas e mistura de fungicidas no controle do oídio da soja. *Fitopatologia Brasileira* 27: 216-218.
- BRASIL SOS et al. 2018. Importância da resistência de plantas no controle de oídio: um levantamento de cultivares de soja no Brasil. *Revista Científica Rural* 20: 188-202.
- BRUZAMARELLO J et al. 2018. Potencial de fosfitos na indução da resistência em plantas de soja. *Cultura Agrônômica* 27: 263-273.
- CONAB. 2019. Companhia Nacional do Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Brasília: Conab. 15p.
- DALLAGNOL LJ et al. 2006. Use of Acibenzolar-S-Methyl to control foliar diseases of soybean. *Summa Phytopathologica* 32: 255-259.
- FEHR WR & CAVINESS CE. 1977. Stages of soybean development. *State University of Science and Technology* 80: 1-12.
- MATTIAZZI P. 2003. Efeito do oídio (*Microsphaera diffusa* Cooke & Peck) na produção e duração da área foliar sadia da soja. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Piracicaba: ESALQ. 49p.
- GORLACH J et al. 1996. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. *The Plant Cell* 8: 629-643.
- OLIVEIRA GM et al. 2015. Fosfito e silicato de potássio no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 10: 60-65.
- SALVADORI JR et al. 2016. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. Passo Fundo: UPF. 128p.
- SILVA OC et al. 2013. Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. *Tropical Plant Pathology* 38: 72-77.
- TOIGO S et al. 2008. Controle químico do oídio na cultura da soja. *Scientia Agraria* 9: 491-496.
- YULIA E et al. 2017. Resistance Potential to Powdery Mildew (*Microsphaera diffusa* Cooke and Peck) of Several Yellow and Black Soybean (*Glycine max* (L.) Merr) Genotypes. *KnE Life Sciences* 2: 270-278.