



## Avaliação “in vitro” do aminofosfito de cobre® em fungos fitopatogênicos

Leonardo Maciel TERRA \*<sup>1</sup>, Thaís Oliveira Ramalho BEAN <sup>1</sup>, Ana Maria Marson BONATTI <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdades Associadas de Uberaba - FAZU, Uberaba, MG, Brasil.

\*E-mail: leonardo.terra@outlook.com

Submetido em: 18/10/2021; Aceito em: 26/12/2023; Publicado em: 31/12/2023.

**RESUMO:** Os fosfitos são compostos à base de fósforo que atuam como indutores do sistema de defesa das plantas, ou são diretamente tóxicos aos patógenos, constituindo uma das alternativas no manejo integrado de doenças. Este trabalho avalia o efeito *in vitro* do Aminofosfito de Cobre® (Ubyfol) sobre os fungos fitopatogênicos: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Exserohilum turcicum*, *Fusarium oxysporum* e *Stenocarpella maydis*. O delineamento foi inteiramente casualizado, realizado em duplicata, com 5 tratamentos e 5 repetições, constituídos das doses de 0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 L ha<sup>-1</sup> de Aminofosfito de Cobre®, acrescidas em meio de cultura BDA. Foi mensurado o Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) e o Percentual de Inibição de Crescimento (PIC) micelial dos fungos. A dose de 0,25 L ha<sup>-1</sup> reduziu significativamente o IVCM dos fungos *S. sclerotiorum* e *S. maydis*, e apresentou valores consideráveis de PIC micelial. Os fungos *E. turcicum* e *F. oxysporum* apresentaram redução significativa do IVCM apenas a partir da dose 1,0 L ha<sup>-1</sup>. Esse foi o primeiro estudo com a avaliação do Aminofosfito de Cobre® no controle *in vitro* dos fungos citados. Os resultados indicam que o uso desse produto apresenta efeito direto sobre determinados microrganismos causadores de doenças em plantas e que a associação desses produtos no manejo de doenças pode melhorar a eficiência e o controle de doenças em plantas.

**Palavras-chave:** indutor de resistência; *Sclerotinia sclerotiorum*; *Exserohilum turcicum*; *Fusarium oxysporum*; *Stenocarpella maydis*.

### *In vitro* evaluation of copper aminophosphite® on phytopathogenic fungi

**ABSTRACT:** Phosphites are phosphorus-based compounds that act as inducers on plant defense systems or are directly toxic to pathogens, constituting one alternative to integrated disease management. This research evaluated the *in vitro* effect of Copper Aminophosphite® (Ubyfol) on phytopathogenic fungi: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Exserohilum turcicum*, *Fusarium oxysporum*, *Stenocarpella maydis*. The design was entirely randomized, performed in duplicate, with 5 treatments and 5 repetitions, consisting of 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0 L ha<sup>-1</sup> of Copper Aminophosphite® doses, added in BDA culture medium. It measured the mycelial growth velocity index (IVCM) and the mycelial growth inhibition percentage (PIC) of fungi. The dose of 0.25 L ha<sup>-1</sup> significantly reduced the IVCM of *S. sclerotiorum* and *S. maydis*, and presented considerable values of mycelial PIC. The fungi *E. turcicum* and *F. oxysporum* showed a significant reduction of IVCM after the first dose of 1.0 L ha<sup>-1</sup>. This was the first study to evaluate the use of Copper Aminophosphite® in the control of these fungi. The results indicate that the use of this product has a direct effect on certain microorganisms that cause diseases in plants and that the association of these products in disease management can improve the efficiency and control of plant diseases.

**Keywords:** resistance inductor; *Sclerotinia sclerotiorum*; *Exserohilum turcicum*; *Fusarium oxysporum*; *Stenocarpella maydis*.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 70 estudos indicam que formulações à base de fosfito (Phi), um derivado reduzido de fosfato (Pi), refletem em bons resultados no controle de determinados fungos e outros fitopatogênicos, tornando-se alternativa a ser considerada no manejo integrado de doenças (MARQUES, 2018).

Os fosfitos possuem translocação sistêmica na planta, rápida absorção por folhas e raízes, e atuam como indutores de resistência reduzindo a incidência e severidade de doenças causadas por fitopatogênicos. Os fosfitos contêm uma molécula de oxigênio a menos que os fosfatos, são mais solúveis, e, desta forma, a sua absorção pelas folhas e raízes é mais eficiente (UENO, 2015).

A neutralização do ácido fosforoso (H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>) por uma base origina o fosfito (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (MENEGETTI, 2009). A reação do ácido fosforoso com óxido, hidróxido, carbonato ou sulfato de cobre, origina o fosfito de cobre, que deve conter, no mínimo, 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oriundo exclusivamente do ácido fosforoso (MAPA, 2017).

Os fosfitos funcionam como uma molécula indutora de resistência e auxiliam na resposta de defesa na planta. Essa resposta está associada a expressão rápida de um vasto conjunto de defesas após a infecção pelo patógeno (BRUZAMARELLO et al., 2018).

Além da ação indireta, esses produtos também podem apresentar um efeito direto sobre fitopatogênicos, mesmo que em menor escala (MARQUES, 2020).

O produto Aminofosfito de Cobre® (12,5% ácido fosforoso, 4% cobre, 1,9% enxofre + aminoácidos) da empresa UBYFOL® (Uby Agroquímica SA), é um fertilizante foliar que através da ação do fosfito, estimula a síntese de fitoalexinas, que são as defesas naturais da planta. A ação do cobre torna as plantas mais resistentes contra estresses bióticos e abióticos e menos suscetível ao desenvolvimento do patógeno. O fornecimento de aminoácidos essenciais ao desenvolvimento vegetal visa minimizar os estresses ocasionados na planta (UBYFOL, 2021).

Embora os indutores de resistência não são diretamente tóxicos aos patógenos, muitas vezes além de ativarem mecanismos de resposta nas plantas, esses produtos também podem ser diretamente tóxicos aos fitopatógenos devido à sua composição. Os estudos *in vitro* excluem a ação do sistema de defesa das plantas, averiguando a ação isolada de um determinado produto a um microorganismo alvo.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito *in vitro* de diferentes doses de Aminofosfito de Cobre® sobre os fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Exserohilum turcicum*, *Fusarium oxysporum* e *Stenocarpella maydis*. A determinação do efeito do produto sobre os patógenos, é de significativa importância para adoção das estratégias de manejo integrado de doenças, uma vez que, observado seu potencial de controle direto, o uso do produto de forma adequada pode gerar maior eficiência no controle de doenças em plantas, principalmente quando em associação com fungicidas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Microbiologia das Faculdades Associadas de Uberaba (FAZU), em Uberaba, Minas Gerais. Os isolados fúngicos de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Exserohilum turcicum*, *Fusarium oxysporum* e *Stenocarpella maydis* utilizados nos ensaios foram cultivados em cultura monospórica, e gentilmente cedidos pelo Laboratório de Análises de Sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Esses isolados foram mantidos no laboratório de microbiologia da FAZU em temperatura e umidade controladas, visando sua conservação ao longo do tempo.

O meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar) foi preparado conforme indicação do fabricante (KASVI®). A solução foi submetida a autoclave por 20 minutos a 120°C, para esterilização completa e dissolução do meio. Em seguida, os frascos foram resfriados em temperatura ambiente, e quando atingiram temperatura de aproximadamente 37°C, as doses de cada tratamento do Aminofosfito de Cobre® foram adicionadas (0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 L ha<sup>-1</sup>), o meio foi homogeneizado, e vertido em placas de Petri de 9 cm de diâmetro.

Após completa solidificação do meio de cultivo, discos de 6 mm de diâmetro contendo micélio fúngico, previamente crescido em meio BDA por 7 dias, foram alocados nas placas de Petri e mantidos em temperatura ambiente.

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Para cada tratamento foram realizadas cinco repetições, sendo que cada unidade experimental foi determinada por uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo meio BDA, e a dose do produto testado, conforme o tratamento.

O cronograma de montagem do experimento foi dividido em 2 semanas, sendo que na primeira semana, foram avaliados os patógenos *S. sclerotiorum* e *E. turcicum*. Na segunda

semana, foram preparados e avaliados os patógenos *F. oxysporum* e *S. maydis*.

Os ensaios foram repetidos dividindo-se em dois fungos a cada semana, seguindo os mesmos princípios da primeira etapa, considerando o mesmo delineamento, tratamentos, repetições e avaliações.

Na primeira fase, entre a montagem do experimento e a última avaliação, foram aferidos os valores de umidade, que variaram entre 40% e 51%, mantendo-se uma média de 45,9% em umidade relativa do ar, e temperatura, que variou entre 22,5°C e 26,2°C, mantendo-se uma média de 24,4°C em temperatura do ambiente. a segunda fase, os valores de temperatura variaram entre 25,8°C e 28,5°C (média 26,6° C) e a umidade relativa do ar variou entre 28% e 45%, mantendo-se uma média de 37,3%.

As avaliações do crescimento micelial foram realizadas até que o controle negativo (meio BDA, apenas) completasse totalmente a superfície da placa. O Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) foi calculado com base na fórmula (Equação 1) (OLIVEIRA, 1991):

$$IVCM = \frac{\sum \frac{D-Da}{N}}{N} \quad (01)$$

em que: IVCM = índice de velocidade de crescimento micelial; D = diâmetro médio atual; Da = diâmetro médio da avaliação anterior; N = número de dias após a inoculação.

Calculou-se a porcentagem de inibição em que dia? dos tratamentos em relação à testemunha, utilizando os valores de diâmetro da colônia em duas posições ortogonais, obtendo-se uma média das duas medidas diametricamente opostas. A partir dos resultados obtidos determinou-se a Porcentagem de Inibição do Crescimento (PIC) micelial pela fórmula (Equação 2) (PEREIRA et al., 2002):

$$PIC = \frac{(d-dt)}{d} * 100 \quad (02)$$

em que: PIC = porcentagem de inibição do crescimento micelial (em %); d = diâmetro médio do crescimento da testemunha aos dias 3, 5 e 7 dias após inoculação; dt = diâmetro médio do crescimento do tratamento aos dias 3, 5 e 7 dias após inoculação.

Os valores de IVCM foram submetidos à análise de variância, e, para o caso de diferenças significativas entre os tratamentos, foram submetidos ao teste de Scott&Knott, utilizando-se do software estatístico SASM-Agri (CANTERI et al., 2001). Para análises de regressão, utilizou-se da ferramenta AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015). Quando necessário, os dados foram transformados com o auxílio da fórmula  $(x+0,5)^{0,5}$ , como medida para reduzir a heterogeneidade, e aproximar os valores de uma distribuição normal (ALLAMAN, 2020).

## 3. RESULTADOS

A aplicação do Aminofosfito de Cobre® resultou em redução do Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) para as quatro espécies fúngicas avaliadas. Para os fungos *S. sclerotiorum* e *S. maydis* foi observada redução significativa do IVCM a partir da dose de 0,25 L ha<sup>-1</sup> (tratamento 1), sendo que houve inibição completa do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* no tratamento 5 (dose de 1,0 L ha<sup>-1</sup>). Essa redução significa queda de 53,5% do IVCM em relação à testemunha para *S. sclerotiorum* e 56,4%

## Avaliação “in vitro” do aminofosfito de cobre® em fungos fitopatogênicos

para *S. maydis*, com aumento da inibição à medida que se aumenta a dose do (Tabela 1).

Tabela 1. Avaliação do Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) de fungos fitopatogênicos sob diferentes doses do Aminofosfito de Cobre®.

Table 1. Assessment of the Mycelial Growth Speed Index (MCVI) of phytopathogenic fungi under different doses of Copper Aminophosphate®.

Trat.	Dose (L ha <sup>-1</sup> )	(IVCM)			
		SS	SM	ET	FO
T1	0,00	3,19 a	2,63 a	1,70 c	1,70 c
T2	0,25	1,48 b	1,14 b	1,87 a	1,92 a
T3	0,50	0,47 c	0,56 c	1,70 c	1,77 b
T4	0,75	0,06 d	0,11 d	1,78 b	1,18 d
T5	1,00	0,00 d	0,02 d	0,64 d	0,77 e
C.V. (2) (%)		23,35	9,55	3,12	2,93

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott&Knott (P≤0.05). (1) C.V. – Coeficiente de Variação. Legenda: SS = *Sclerotinia sclerotiorum*; SM = *Stenocarpella maydis*; ET = *Exserohilum turcicum*; FO = *Fusarium oxysporum*.

Tabela 2. Avaliação de Percentagem de Inibição do Crescimento micelial (PIC) de fungos fitopatogênicos sob diferentes doses do Aminofosfito de Cobre®.

Table 2. Evaluation of Percentage of Mycelial Growth Inhibition (PIC) of phytopathogenic fungi under different doses of Copper Aminophosphate®.

Trat.	Dose (L ha <sup>-1</sup> )	PIC (%) 3 DAI (1)			
		SS	SM	ET	FO
T1	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
T2	0,25	91,8	56,5	-13,3	-28,1
T3	0,50	100,0	78,5	3,1	-16,0
T4	0,75	100,0	95,8	-3,8	30,0
T5	1,00	100,0	99,1	55,9	56,1
		PIC (%) 5 DAI (1)			
T1	0,00	0,0	-	0,0	0,0
T2	0,25	62,8	-	-13,9	-23,9
T3	0,50	88,7	-	0,0	-8,6
T4	0,75	98,5	-	-4,0	30,7
T5	1,00	100,0	-	57,6	52,2
		PIC (%) 7 DAI (1)			
T1	0,00	-	-	0,0	0,0
T2	0,25	-	-	-8,6	-5,4
T3	0,50	-	-	-0,2	0,2
T4	0,75	-	-	-5,9	31,2
T5	1,00	-	-	69,1	55,3

Valores de PIC levam em consideração as médias percentuais de inibição de crescimento micelial do tratamento em relação à testemunha em cada avaliação, ou seja, 3 e dias após a inoculação das placas no meio. (1) D.A.I. – Dias após a inoculação. Legenda: SS = *Sclerotinia sclerotiorum*; SM = *Stenocarpella maydis*; ET = *Exserohilum turcicum*; FO = *Fusarium oxysporum*.

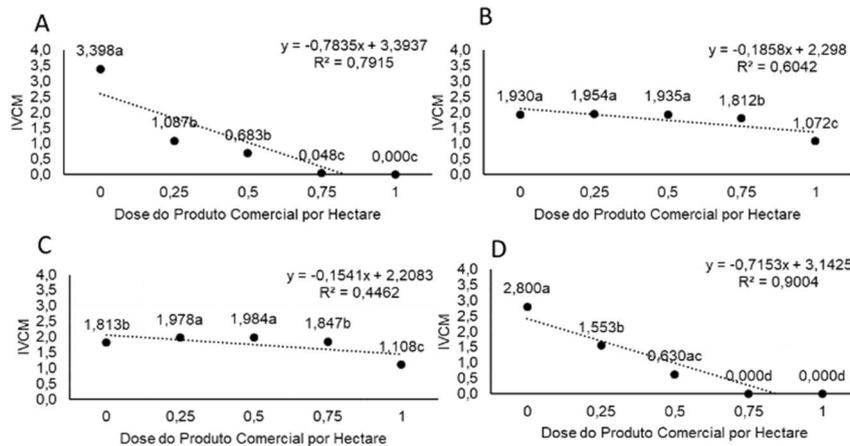


Figura 1. Regressões do Índice de Velocidade de Crescimento Micelial em relação às doses comerciais do Aminofosfito de Cobre®. A: *Sclerotinia sclerotiorum*; B: *Exserohilum turcicum*; C: *Fusarium oxysporum*; D: *Stenocarpella maydis*.

Figure 1. Regressions of the Mycelial Growth Speed Index in relation to commercial doses of Copper Aminophosphate®. A: *Sclerotinia sclerotiorum*; B: *Exserohilum turcicum*; C: *Fusarium oxysporum*; D: *Stenocarpella maydis*.

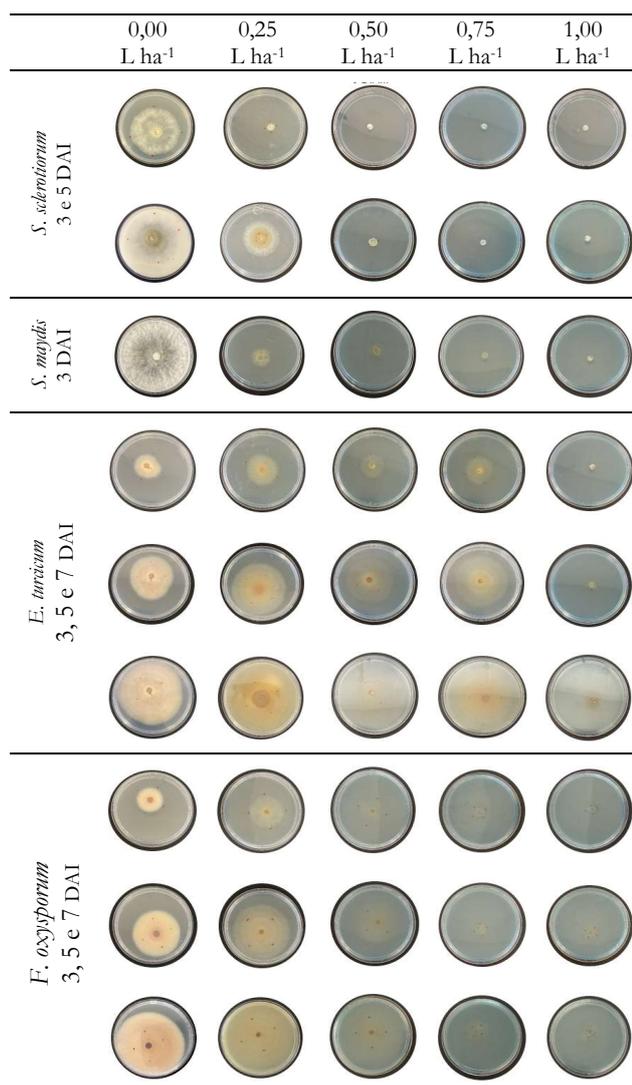


Figura 2. Avaliação do desenvolvimento micelial de fungos sob diferentes doses de Aminofosfito de Cobre®. (1) DAI – Dias após a inoculação.

Figure 2. Assessment of mycelial development of fungi under different doses of Copper Aminophosphate®. (1) DAI – Days after inoculation.

*S. maydis* foi o único fungo avaliado que encerrou o ciclo de avaliações no terceiro dia após inoculação, uma vez que ocorreu colonização completa da placa de Petri nesse intervalo de tempo (Figura 2). Com relação aos valores de PIC para *E. turcicum*, pode-se observar que o controle do crescimento micelial se deu de forma mais efetiva apenas com o tratamento 5 (1,00 L ha<sup>-1</sup>), com percentuais de PIC variando entre 55,9% e 69,1% (Tabela 2).

Quanto ao *F. oxysporum*, nota-se que o controle efetivo do crescimento micelial, avaliado pelo PIC, também foi obtido apenas com o tratamento 5 (Tabela 2), fator esse que corrobora com os resultados apurados pelo IVCM.

Para os patógenos *E. turcicum* e *F. oxysporum* o controle se deu apenas com doses acima da recomendada (0,5 Lha<sup>-1</sup>). Tal fato, denota que *E. turcicum* e *F. oxysporum* são menos susceptíveis à ação do produto, quando comparados com *S. sclerotiorum* e *S. maydis*, considerando as condições desse trabalho.

Um dos aspectos relacionados a este comportamento, se deve ao fato do crescimento micelial medido de *E. turcicum* em sentido longitudinal ter sido diametralmente parecido,

desde o tratamento 1 (0 L ha<sup>-1</sup>) até o tratamento 4 (0,75 L ha<sup>-1</sup>). Entretanto a testemunha visualmente apresentou maior volume de micélio fúngico (Figura 3A, 3B). Para *F. oxysporum*, em comparação à testemunha, o tratamento 2 (0,25 L ha<sup>-1</sup>) apresentou crescimento micelial maior nos eixos ortogonais, mas comparando-se visualmente o crescimento micelial pelo volume e aspecto, é possível observar que a massa de micélio da testemunha foi mais desenvolvida (Figura 3C, 3D).

Esse micélio fúngico mais volumoso sugere que *E. turcicum* e *F. oxysporum* se adaptaram melhor nas condições do meio de cultivo.

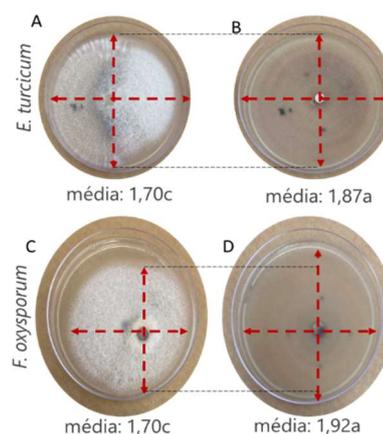


Figura 3. Comparativo do crescimento micelial entre *E. turcicum* e *F. oxysporum* em dois sentidos ortogonais aos 7 dias após a inoculação. A: *E. turcicum* em BDA apenas (tratamento 1 - 0,00 L ha<sup>-1</sup>); B: *E. turcicum* à 0,25 L ha<sup>-1</sup> de Aminofosfito de Cobre® (tratamento 2); C: *F. oxysporum* em meio BDA apenas (tratamento 1 - 0,00 L ha<sup>-1</sup>); D: *F. oxysporum* à 0,25 L ha<sup>-1</sup> de Aminofosfito de Cobre® (tratamento 2).

Figure 3. Comparison of mycelial growth between *E. turcicum* and *F. oxysporum* in two orthogonal directions at 7 days after inoculation. A: *E. turcicum* in PDA only (treatment 1 - 0.00 L ha<sup>-1</sup>); B: *E. turcicum* at 0.25 L ha<sup>-1</sup> of Copper Aminophosphate® (treatment 2); C: *F. oxysporum* in PDA medium only (treatment 1 - 0.00 L ha<sup>-1</sup>); D: *F. oxysporum* at 0.25 L ha<sup>-1</sup> of Copper Aminophosphate® (treatment 2).

#### 4. DISCUSSÃO

Em concordância com os resultados apresentados neste trabalho, em que, com o aumento das doses do Aminofosfito de Cobre® houve redução do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, Machado *et al.* (2017) observaram que o aumento das doses de produtos à base de fosfito de potássio resultou em diminuição significativa do crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, com valores entre 72 % e 79 % de redução do IVCM. Em experimentos com o uso de diferentes concentrações de fosfito de manganês e enxofre (FMnS), no desenvolvimento *in vitro* de fungos patogênicos da soja, observou que para os quatro patógenos testados (*S. sclerotiorum*, *R. solani*, *C. truncatum* e *M. phaseolina*) houve tendência de diminuição do crescimento micelial à medida que aumentou a concentração de FMnS (ESPINDOLA, 2015). O mesmo autor também constatou que o fungo *S. sclerotiorum* teve seu IVCM igualado a zero a partir da concentração de 455 ppm de FMnS.

Por outro lado, Camochena *et al.*, (2020) observaram que nenhum fosfito de potássio utilizado (Fosfito A-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40% + K<sub>2</sub>O 20%; Fosfito B-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40% + K<sub>2</sub>O 28%; Fosfito C-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40% + K<sub>2</sub>O 20%; Fosfito D P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30% + K<sub>2</sub>O 20%) foi capaz de reduzir o crescimento micelial de *S. sclerotiorum in vitro*, embora esses produtos tenham reduzido a intensidade da doença em campo, quando aplicados em plantas de soja.

Os autores ainda concluem que o efeito de indução de resistência desses produtos se dá pelo aumento da síntese das enzimas peroxidase (POX) e fenilalanina amônia lisase (FAL).

Diferentemente do observado por Camochena et al., (2020), no presente trabalho os valores de PIC para *S. sclerotiorum* apresentaram inibição de 91,8% aos 3 DAI utilizando-se metade da dose recomendada do Aminofosfito de Cobre® (0,25 L ha<sup>-1</sup>) pelo fabricante. Essa discrepância entre os resultados, possivelmente ocorre pela presença do cobre nas formulações, além das diferentes concentrações de ácido fosforoso dos produtos utilizados. Além do mais, diferentes isolados fúngicos podem responder de forma variada a um mesmo composto químico.

Controlar o crescimento micelial desse fungo é essencial para o manejo integrado do mofo-branco, doença causada pelo *S. sclerotiorum*, uma vez que a formação de escleródios e dos apotécios deriva imediatamente desse comportamento (PEREIRA et al., 2013). O uso do Aminofosfito de Cobre®, principalmente no período de pré-floração, pode influenciar diretamente na velocidade de formação destas estruturas, garantindo maior efetividade no controle do patógeno. Além disso, a aplicação do produto pode inibir a liberação e germinação de esporos, e formação do apotécio no escleródio, visto que o produto influenciou negativamente no crescimento micelial.

Trabalhos avaliando a interação de *S. maydis* com fosfitos ou complexos de cobre são relativamente escassos na literatura (COSTA et al., 2013). Ao considerar o IVCN, pode-se concluir que mesmo a metade da dose recomendada (0,25 L ha<sup>-1</sup>) foi capaz de reduzir a velocidade de crescimento micelial de *S. maydis*.

Estudos conduzidos por Lorenzetti et al. (2020) apontam a dificuldade de controle de *E. turcicum*, agente causador da mancha de helmintosporiose em milho e sorgo. Ao realizar ensaios *in vitro* avaliando a germinação de esporos fúngicos de *E. turcicum*, em meio tratado com quelatos à base de cobre, os autores não observaram diferença significativa em relação à testemunha, sendo que apenas o tratamento com fungicida foi capaz de controlar a germinação desses esporos. Embora o patógeno apresente certa dificuldade de controle, Silva et al. (2018) demonstraram que o fosfito de potássio diminuiu a severidade de *E. turcicum* em campo, tanto de forma isolada, quanto de forma associada à fungicidas químicos.

Experimento avaliando o efeito de produto à base de extrato de folha de café e fosfito de cobre, sobre o crescimento micelial do *F. oxysporum* f.sp. *cubense* e *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli* em meio de malte observou que, utilizando o oxicloreto de cobre nas mesmas concentrações de cobre contidas no produto com fosfito, os valores de inibição de crescimento micelial foram semelhantes (SILVA JÚNIOR, 2010). Esse resultado indica que o cobre, e não o fosfito, contido nesses produtos é capaz de inibir o crescimento micelial dos patógenos.

Em outro trabalho avaliando diferentes doses de etilfosfonato de cobre, tanto a campo, quanto *in vitro*, concluiu que o etilfosfonato de cobre foi efetivo no controle da podridão radicular do feijoeiro *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* quando aplicado em sulco de plantio, e quando aplicado no sulco de plantio, seguido de aplicações foliares, resultando, inclusive, em incrementos na produtividade (SILVEIRA, 2018). O autor descreve que a aplicação do produto induziu o aumento na atividade da enzima peroxidase de guaiacol nas plantas de feijão. Segundo ele, o uso do etilfosfonato de cobre pode ter atuado diretamente sobre o patógeno, pois foi constatada toxidez direta ao fungo, limitando seu desenvolvimento *in vitro*. O autor observou que em diferentes

isolados, para doses equivalentes à 1 L ha<sup>-1</sup>, o percentual de inibição variou entre 18 % e 60 %, e os IVCN's variaram entre 2,49 e 1,07. Para dose equivalente à 2,00 L ha<sup>-1</sup>, o percentual de inibição oscilou entre 23 e 82% enquanto os IVCN's ficaram entre 2,33 e 0,48 (SILVEIRA, 2018). Essas variações podem estar relacionadas à capacidade que diferentes fungos apresentam de resistência em relação a tratamentos com indutores de resistência derivados do ácido fosforo e do cobre, corroborando os diferentes níveis de controle também observados entre os fungos avaliados neste trabalho. Os fosfonatos, assim como os fosfitos, são produtos que se originam da neutralização do ácido fosforoso por uma base, bem como o cobre presente na fórmula permite uma relação entre o fosfito de cobre aqui testado, e os experimentos realizados por Silveira (2018).

O efetivo controle do desenvolvimento micelial do patógeno é de grande importância para o reconhecimento do efeito protetivo do Aminofosfito de Cobre®. Embora o comportamento do produto em campo não seja igual ao observado em laboratório, há evidências de que a ação protetora do produto Aminofosfito de Cobre® é eficiente *in vitro*. Como a recomendação do produto é de que ele seja aplicado de forma associada a fungicidas químicos de ação sistêmica (Marques, 2018), sua ação protetora pode contribuir no manejo integrado de doenças.

Faz-se necessário a realização de ensaios em que a inibição de crescimento micelial seja avaliada para cada um dos elementos que compõem o produto (fosfito e sulfato de cobre) de forma isolada, assim como quantificar o efeito fungistático e fungitóxico de cada um dos seus componentes. Além disso, observa-se a necessidade da aplicação de ensaios em campo, a fim de avaliar a severidade e incidência dessas doenças em diferentes hospedeiros, visto que a indução de resistência está diretamente relacionada a presença de genes de defesa na planta.

## 5. CONCLUSÕES

O Aminofosfito de Cobre® tem efeito significativo na inibição *in vitro* do crescimento micelial dos fungos *S. sclerotiorum*, *S. maydis*, *E. turcicum* e *F. oxysporum*.

Em relação a redução nos valores de Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM), os patógenos que foram melhor controlados pelo produto foram *S. sclerotiorum* e *S. maydis* refletindo em redução significativa do IVCN, inclusive, com dose que equivale à metade da recomendada pelo fabricante (0,25 L ha<sup>-1</sup>). Os valores mais elevados de Porcentagem de Inibição do Crescimento micelial (PIC) também foram observados em *S. sclerotiorum* e *S. maydis*.

A partir da dose de 0,75 L ha<sup>-1</sup> o fungo *F. oxysporum* apresentou redução do crescimento micelial significativa, enquanto para o fungo *E. turcicum* apenas a dose de 1,00 L ha<sup>-1</sup> obteve uma redução significativa no IVCN. Tanto para *E. turcicum* como para *F. oxysporum* o Percentual de Inibição de Crescimento (PIC) mais expressivo foi observado na dose de 1,00 L ha<sup>-1</sup>.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALLAMAN, I. B. **Transformação de dados**. Disponível em: [http://nbcgib.uesc.br/lec/download/material\\_didatico/pdf\\_files/est\\_experimental/transformacoes.pdf](http://nbcgib.uesc.br/lec/download/material_didatico/pdf_files/est_experimental/transformacoes.pdf). Acesso em: 11 set. 2020.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação agrônômica & AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FUNEP, 2015. 396p.

- BRUZAMARELLO, J.; FRANCESCHI, V.; DALACOSTA, N.; GONÇALVES, I.; MAZARO, S.; REIS, E. Potencial de fosfitos na indução da resistência em plantas de soja. 2018. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 3, p. 263-273, 2018. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p263-273>
- CAMOCHENA, R. C.; STEILMANN, P.; SANTOS, I.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; OLIVEIRA, M.C. Action of potassium phosphites on the management of white mold in soybean. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 3, p. 260-266, 2020. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/217101>
- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S. da; GIGLIOTTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri - Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.
- COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; SILVA, D. D. da. **Doenças causadas por fungos do gênero *Stenocarpella* spp. (*Diplodia* spp.) em milho**. 2013. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 15p. (Circular Técnica, 197).
- ESPINDOLA, D. L. P. **Tratamento de sementes com fosfito de manganês e enxofre: efeitos na soja e no desenvolvimento de fitopatógenos**. 2015. 64 f. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.
- LORENZETTI, E.; TARTARO, J.; ALVES NETO, A. J.; STANGARLIN, J. R.; PORTZ, R. L.; KUHN, O. J. Germination of fungal pathogen spores in calcium, copper, manganese and zinc chelated with aminoacids. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 4, e20207096, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.202000065>
- MACHADO, J. F.; ARNS, R. B.; MEDEIROS, J. P. Q.; PINHO, R. S. C. de. Fosfito de potássio no controle in vitro de *Sclerotinia sclerotiorum*. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, VIII, 2017. **Anais...** Bagé: UNIPAMPA, 2017. Disponível em: <http://200.132.146.161/index.php/siepe/article/download/17817/6645>. Acesso em: 16 set. 2020.
- MAPA\_Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Especificações dos fertilizantes minerais simples**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/altera-anexo-i-da-in-46-2016-em-31-05-17-altera-carbonato-de-manganes-e-fosfito-de-cobre.pdf>. Acesso em: 08 set. 2021.
- MARQUES, L. N. **Nem todo produto com cobre é fungicida**. 2020. Divulgado por: MAISSOJA. Disponível em: <https://maissoja.com.br/nem-todo-produto-com-cobre-e-fungicida2/>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- MARQUES, L. **Fosfitos: ação no controle de doenças em plantas**. 2018. Divulgado por: ELEVAGRO. Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/fosfitos-acao-no-controle-de-doencas-em-plantas>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- MENEGHETTI, R. C. **Avaliação do Fosfito de Potássio Sobre o Progresso de *Phakopsora pachythizi* em Soja**. 2009. 65f. Tese [Doutorado em Agronomia] - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (Rs), 2009.
- OLIVEIRA, J. A. **Efeito do tratamento fungicida em sementes e no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 1991. 111f. Dissertação [Mestrado em Agronomia] - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.
- PEREIRA, F. de S.; BORGES, L. P.; GUIMARÃES, G. R.; SILVA, A. da; GONÇALVES, R. N.; CARVALHO, L. R. de; TEIXEIRA, I. R. **Estratégias de controle de mofo branco do feijoeiro**. 2013. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1354-1371, 2013.
- PEREIRA, L. A. A.; COUTINHO, W. M.; MACHADO, J. C.; MAGALHÃES, F. H. L.; PENA, R. C. M. Fungitoxicidade *in vitro* de Iprodione sobre o crescimento micelial de fungos que se associam a sementes de arroz. 2002. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 67-70, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100010>
- SILVA JÚNIOR, M. B. da; RESENDE, M. L. V. de; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; DIAS, H. C. B.; COSTA, B. H. G.; SILVEIRA, G. C. D. Produto à base de extrato vegetal e fosfito de cobre na toxidez direta a *Fusarium oxysporum* da bananeira e feijoeiro. In: REUNIÃO REGIONAL DA SBPC, 2010. **Anais...** Lavras: UFLA/SBPC, 2010. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/lavras/resumos/1376.pdf>. Acesso em: 16 set. 2020.
- SILVA, J. B. G. D. da; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; TESSMANN, D. J.; MOTERLE, L. M.; SILVA, C. R. da. Controle de doenças foliares do milho com fosfito de potássio. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 1, p. 127-138, 2018.
- UBYFOL - Minas Gerais (org.). **AminoFosfito de Cobre**. 2021. Disponível em: <https://ubyfol.com/produtos/aminofosfito-de-cobre/>. Acesso em: 08 set. 2021.
- UENO, B. Fosfito + fungicida: defesa e proteção para o pêssego. **Campo & Negócios**, p. 71-73, 2015. (Informe Técnico) Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1024900/1/Bernardodigitalizar0048.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem ao professor Dr. José da Cruz Machado do Departamento de Fitopatologia da UFLA por ter cedido os isolados fúngicos. A empresa Ubyfol® por fornecer os materiais necessários ao experimento, e a FAZU, pela disponibilidade do laboratório.

**Contribuições dos autores:** Ambos os autores estiveram envolvidos em todas as etapas do artigo e leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

**Financiamentos:** Não aplicável.

**Revisão por Comitê Institucional:** Não aplicável.

**Comite de Ética:** Não aplicável.

**Disponibilização dos dados:** Os dados do estudo poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente ou ao segundo autor, via e-mail. Não está disponível no site porque o projeto de pesquisa ainda está em desenvolvimento.

**Conflito de Interesses:** Os autores declaram não haver conflito de interesses. As entidades de apoio não tiveram qualquer papel na concepção do estudo; na coleta, análise ou interpretação de dados; na redação do manuscrito ou na decisão de publicação dos resultados.