



STHEFFANI LUCCA DOS SANTOS

**POTENCIAL DE PRODUTOS A BASE DE FOSFITOS NO  
CONTROLE DE FITOPATÓGENOS EM CONDIÇÕES *IN VITRO***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2016

STHEFFANI LUCCA DOS SANTOS

**POTENCIAL DE PRODUTOS A BASE DE FOSFITOS NO  
CONTROLE DE FITOPATÓGENOS EM CONDIÇÕES *IN VITRO***

Trabalho de Conclusão, do Curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Sérgio Miguel Mazaro

DOIS VIZINHOS

2016



---

TERMO DE APROVAÇÃO  
PONTECIAL DE PRODUTOS A BASE DE FOSFITOS NO CONTROLE DE  
FITOPATÓGENOS EM CONDIÇÕES *IN VITRO*

por

STHEFFANI LUCCA DOS SANTOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) ou esta Monografia ou esta Dissertação foi apresentado(a) em 01 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Orientador Sérgio Mazaro  
UTFPR-DV

---

Edson Bertoldo  
UTFPR PPGAG-Pato Branco

---

Coordenador do Curso Lucas  
Domingues  
UTFPR – Dois Vizinhos

---

Thayllane de Campos  
UTFPR PPGAG-Pato Branco

---

Responsável pelos Trabalhos  
de Conclusão de Curso

## RESUMO

SANTOS, S.L. POTENCIAL DE PRODUTOS A BASE DE FOSFITOS NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS EM CONDIÇÕES *IN VITRO* 2016. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

A busca por meios alternativos ao controle de fitopatógenos, esta sendo muito explorada, devido aos sérios problemas causados pelo uso de agrotóxico. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos produtos a base de fosfito de potássio (Ultra K10<sup>®</sup>), fosfito de cobre (Cubo 700<sup>®</sup>) e fosfito de manganês ( Ultra Mn10<sup>®</sup>) no controle dos fungos *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* e *Pythium sp.* O experimento foi conduzido no laboratório de Fitossanidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos durante o ano de 2016. Os fosfitos foram adicionados nas concentrações 10, 20, 40 e 60 µL ao meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar), corrigindo o pH do meio com NaOH e então, vertidos para as placas de Petri<sup>®</sup> onde foram inseridos discos de 5mm do fungo no centro da placa. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições sendo a unidade experimental constituída por uma placa de Petri<sup>®</sup>. As placas foram acondicionadas em BOD, na temperatura de 20°C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações do crescimento micelial foram feitas diariamente até que a placa testemunha estivesse crescida por completo. Os resultados observados para ambos os patógenos, foram que os produtos apresentaram efeito fungicida e fungitóxico nas doses testadas. Sendo que as maiores doses, de 40 e 60 µL foram as que obtiveram maior efeito sobre os fungos.

**Palavras chaves:** controle alternativo, fosfitos, fungicida.

## ABSTRACT

SANTOS, S.L. PRODUCTS BASED ON PHOSPHITE IN THE CONTROL OF PHYTOPATHOGEN IN VITRO CONDITIONS 2016. 25 f. Completion of course work – Federal Technological University of Paraná. 2016

The search for alternative means to control plant pathogens, this being much explored due to the serious problems caused by the use of pesticides. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of products based on potassium phosphite (Ultra K10<sup>®</sup>), copper phosphite (Cube 700<sup>®</sup>) and manganese phosphite (Ultra Mn10<sup>®</sup>) in the control of fungi *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* and *Pythium* sp. The experiment was conducted in Plant Health Laboratory of the Federal Technological University of Paraná - Campus Dois Vizinhos during 2016. The phosphite were added in concentrations 10, 20, 40 e 60 µL to PDA culture medium (potato, dextrose and agar), correcting the pH of the medium with NaOH and then poured to Petri<sup>®</sup> plates which were inserted fungus 5mm discs on the center of the plate. The experimental design was completely randomized with 4 replications and the experimental unit consisting of a Petri<sup>®</sup> board. The plates are wrapped in BOD at 20 ° C and 12 hour photoperiod. Evaluations of the mycelial growth were made daily until the witness plate was grown completely. The results observed for both pathogens, the products were presented fungitoxic and fungicidal effect at the doses tested. And the highest doses, 40 and 60 uL were those that achieved the greatest effect on the fungi.

**Key-words:** alternative control, phosphite, fungicide.

## Sumário

<b>1 Introdução</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Revisão Bibliográfica</b> .....	<b>7</b>
2.1 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	7
2.2 <i>Fusarium oxysporum</i> .....	8
2.3 <i>Rhizoctonia solani</i> .....	9
2.4 <i>Pythium sp.</i> .....	10
2.5 Fosfitos.....	10
<b>3 Material e Métodos</b> .....	<b>12</b>
3.1 Caracterização da condução do experimento .....	12
3.2 Obtenção dos fungos .....	12
3.3 Obtenção dos fosfitos e caracterização do experimento .....	12
3.4 Avaliações do crescimento micelial .....	13
3.5 Análise estatística .....	14
<b>4. Resultados e Discussões</b> .....	<b>15</b>
<b>5. Conclusão</b> .....	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>

## 1 Introdução

A utilização de agrotóxicos é amplamente difundida entre os agricultores devido a grande praticidade e eficiência do uso desses produtos, porém muito são os efeitos inerentes desse uso, tais como a toxicidade ao ambiente e a saúde humana, resistência a fungos e também o efeito residual que na grande maioria é longo.

Diante disso, produtores e pesquisadores vêm buscando meios alternativos que sejam menos agressivos para o controle de doenças, e que garantam alimentos com maior qualidade. Entre esses métodos, os que induzem a resistência de plantas apresentam grande importância por ativarem os mecanismos de defesa latente da planta agindo de forma sistêmica, além de possuírem baixa toxicidade ao homem e ao meio ambiente.

A soja (*Glycine max*) é a cultura agrícola que mais cresceu no Brasil durante as últimas três décadas. Esse crescimento é resultado do aumento da tecnologia e também do uso da cultura.

Com a expansão de áreas, houve um acréscimo nos problemas fitossanitários que a acometem. Dentre os patógenos causadores de danos na cultura da soja, podemos citar alguns que podem causar problemas do início da germinação até os primeiros dias após a emergência, *Sclerotinia sclerotiorum* (podridão branca), , *Rhizoctonia solani* (tombamento), *Fusarium oxysporum* (amarelecimento) e *Pythium* sp. (podridão de raízes).

Segundo Huber (2005), um dos fatores que determina a resistência ou susceptibilidade de uma planta a certa doença é a sua nutrição mineral. O envolvimento dos nutrientes ocorre diretamente em todos os mecanismos de defesa como componentes integrais das células, das membranas, das enzimas e dos transportadores de elétrons ou como ativadores, inibidores e reguladores do metabolismo.

Nesse sentido, o uso de fosfitos se mostra como uma forma eficiente, pois, além de manter o equilíbrio nutricional da planta, promove a ativação dos mecanismos de defesa e a produção de fitoalexinas que são substâncias naturais que conferem resistência contra fitopatógenos (NOJOSA et. al., 2005).

O manejo de doenças é uma tarefa difícil e que precisa ser estudada constantemente. Dessa forma, métodos que venham contribuir com a redução de agrotóxicos e demonstrem o potencial de produtos alternativos no controle de fitopatógenos são de grande importância.

Apesar de já existir alguns trabalhos promissores envolvendo o uso de fosfitos em diversos patossistemas, bem como no controle de patógenos *in vitro*, ainda não se tem na literatura informações sobre a ação dos produtos a base de fosfito no controle dos fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* e *Pythium* sp., revelando a importância do presente estudo a cerca do assunto.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 *Sclerotinia sclerotiorum*

O patógeno *Sclerotinia sclerotiorum* é um fungo de solo o qual ocasiona danos em várias culturas de interesse econômico, como na alface, soja, feijão e girassol (DA SILVA, et.al., 2015). Os métodos de controle para esse patógeno são bastante dificultados, por ser um fungo que possui uma gama de hospedeiros e também por desenvolver estruturas de resistência que podem ficar viáveis no solo por muito tempo, o que acaba dificultando o manejo (KIN, et. al., 2011)

A transmissão do patógeno pode ser através do micélio dormente ou pela presença de escleródios em lotes de sementes (KAWASAKI & MACHADO, 2013), o que é um método que infecta áreas a longas distâncias. Outro método de infecção é através da liberação dos ascósporos através dos apotécios, que são estruturas formadas a partir da germinação dos escleródios, esse é um método que infecta áreas a curtas distâncias, visto que comprovou-se que os ascósporos permanecem em uma faixa de 100 metros a partir da fonte de inóculo (BEN-YEPHET & BITTON 1985).

Diante disso, grande é a preocupação com a presença da *S. sclerotiorum* nas áreas agricultáveis, pois além de causar sérios danos nas plantas acaba sendo de difícil erradicação. No Brasil estima-se que cerca de 6,3 milhões de hectares cultivados com soja na safra de 2013/14 estavam infestados pela doença (MAYER et.al.,2014).

A rotação de culturas, muito utilizada para o manejo da doença, apresenta bons resultados, considerando a redução de escleródios e com isso reduzindo a pressão de inóculo inicial. No entanto, considerando a diversidade de plantas hospedeiras e a susceptibilidade de diversas culturas, acaba tornando necessário métodos complementares para o controle desse patógeno.

Dessa forma, métodos de controle que venham contribuir na eliminação desse patógeno são de grande valia. Uma das tecnologias que está sendo estudada é o uso do *Trichoderma*.

A inibição do crescimento micelial do patógeno com o uso do *Trichoderma roseum*, *in vivo* já foi comprovada por Huang et.al., 2000 em plantas de feijoeiro. Outro método de avaliação com o uso desse antagonista é sobre a germinação carpogênica de *S. sclerotiorum* (GERALDINE et al. 2013)

Além da crescente utilização do controle biológico, os técnicos vêm recomendando a utilização no controle químico de fosfitos em associação com fungicidas. Esses, derivados do ácido fosforoso, inicialmente surgiram no mercado como fertilizantes, no entanto, diversos estudos vem demonstrando seu potencial em inibir a atividade de patógenos sobre as plantas, e também de ativar rotas de defesa vegetal (SILVA, et.al., 2014).

## 2.2 *Fusarium oxysporum*

O *Fusarium oxysporum* é um fungo de solo, que possui estruturas de resistência que permanecem viáveis por longos períodos de tempo, caracterizando-o como um patógeno de difícil controle. Segundo mesmo autor, o patógeno apresenta micélio de coloração branca, que ao decorrer do tempo pode tornar-se alaranjada ou de cor púrpura, os esporos são caracterizados por macroconídios, microconídios e clamidósporos, sendo que este último fica localizado na extremidade das hifas, possuindo formato globoso e parede espessa atuando como estrutura de resistência do fungo.

O patógeno pode sobreviver na forma de micélio sobre restos culturais ou hospedeiros intermediários. Sua disseminação é feita por implementos contaminados, água da chuva ou de irrigação, mudas contaminadas e pelo revolvimento do solo através de métodos de plantio convencional (AMORIN, 2011).

*F. oxysporum* causa danos em diversas culturas, tendo destaque a cultura da soja e do tomate. Ocasiona a doença conhecida como murcha de fusário, caracterizada pelo amarelamento das folhas com posterior queda e o escurecimento dos feixes vasculares.

A incidência do patógeno nas culturas depende de uma série de fatores, nesse sentido entra em questão o triângulo das doenças, onde é

necessário a presença do patógeno virulento, hospedeiro susceptível e ambiente favorável. Dessa forma, a complexidade do sistema ambiental e a variabilidade genética do gênero *Fusarium* acabam tornando o fungo de difícil controle, e em muitas culturas, inviabilizando o uso da resistência genética (MILANESE et.al, 2013).

Diante da complexidade do gênero do patógeno, o controle tradicional com fungicidas vem perdendo eficiência, sendo assim, buscam-se meios complementares e combinados que obtenham resultados positivos em relação ao controle do fungo. O controle biológico com o uso de microrganismos como o *Trichoderma* tem a capacidade de interferir na sobrevivência do fungo e em consequência em suas atividades biológicas (BENITÉZ, 2004).

O uso dos fosfitos surgiu como nova alternativa para o controle deste fungo. São sais de ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ), que apresentam rápida absorção e translocação nas plantas via floema e xilema (GUEST & GRANT, 1991). Apresentam também ação sistêmica reduzindo intensamente o crescimento micelial e a liberação de esporos, além de ter ação tóxica para algumas espécies de fungos e ter um papel importante na ativação do mecanismo de defesa das plantas (ALI et. al, 1993; GUEST, 2005).

### 2.3 *Rhizoctonia solani*

O fungo *Rhizoctonia solani* é um habitante de solo que apresenta ampla gama de hospedeiros (Botelho et. al., 2001). Além disso, possui estruturas de resistência, que permitem a sobrevivência do fungo de um cultivo para o outro e o tornam de difícil controle.

*R. solani* é um patógeno necrotrófico, que causa grandes problemas em diversas culturas como arroz, batata, feijoeiro e meloeiro. Ocasionalmente ocasiona tombamento de plântulas e podridões de colo e raízes (MICHEREFF et al., 2005).

É um patógeno de solo, e que incide em áreas com elevadas temperaturas acompanhadas de alta umidade relativa do ar, chuvas frequentes que se torna fator limitante ao cultivo de várias espécies dentre elas a soja (MATZ, 1917).

Diante da complexidade do manejo do patógeno e da busca por métodos sustentáveis de controle de doenças em plantas, o uso de produtos a base de fosfito apresenta grande potencial.

#### 2.4 *Pythium* sp.

O gênero *Pythium* é um dos principais infestantes de solo, presente em muitas áreas agricultáveis. Ocasionalmente causa danos severos que podem reduzir o rendimento e a qualidade das culturas (SCHROEDER et al., 2013).

Ainda segundo Schroeder et al. (2013), *Pythium* faz parte do filo Oomycota, é um fungo necrotrófico que pode causar tombamento de plântulas em pré e pós-emergência, podendo atacar o embrião, hipocótilo, e radícula.

Os sintomas do ataque do patógeno muitas vezes podem ser confundidos com deficiência nutricional ou ataque de outros patógenos que possuem sintomas semelhantes. Com isso, o controle mais indicado para o *Pythium* é basicamente o preventivo, evitando a entrada do patógeno na área (GHINI, 2002).

#### 2.5 Fosfitos

Os fosfitos são sais de ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ), que apresentam rápida absorção e translocação nas plantas via floema e xilema (GUEST & GRANT, 1991). Apresentam também ação sistêmica reduzindo intensamente o crescimento micelial e a liberação de esporos, além de ter ação tóxica para algumas espécies de fungos e ter um papel importante na ativação do mecanismo de defesa das plantas (ALI et al., 1993; GUEST, 2005).

O uso dos fosfitos pode ser feito via tratamento de sementes, aplicação foliar em separado ou em conjunto com fungicidas, visando aumentar a eficácia do controle, promovendo assim efeito aditivo ou sinérgico (MENEGETTI et al., 2010). Exemplo disso foi através da aplicação combinada de ácido fosforoso com baixa dose de metalaxyl, apresentando resultados positivos no controle de *Sclerospora graminicola* e no rendimento

de grãos quando comparados à aplicação em dose recomendada apenas com o fungicida (CHALUVARAJU et al., 2004).

Dessa forma, o uso dos fosfitos pode-se inserir como meio de controle a diversas moléstias das plantas. A presença do potássio obteve resultados positivos contra pragas e doenças, além disso, plantas com níveis adequados desse nutriente têm a capacidade de superar o ataque de doenças e evitar o vazamento de metabólitos através de membranas, sendo porta de entrada para fungos invasores (BASSETO, 2007).

O uso de fontes de manganês pode estar relacionado com a maior resistência das plantas contra o ataque de patógenos que ocorre por meio da lignificação ou inibição direta (MALAVOLTA, 2006). O aumento do teor de lignina dos tecidos pode aumentar a impermeabilidade dos mesmos, além de auxiliar na obtenção de sementes de soja com alto potencial fisiológico (SILVA et al., 2008).

O uso dos fosfitos sobre os oomicotas é bastante conhecido para a cultura da batata, eucalipto e abacate, porém ainda é bastante reduzido para o restante das culturas (Jackson et al., 2000; McDonald et al., 2001).

### 3 Material e Métodos

#### 3.1 Caracterização da condução do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitossanidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, no início do ano de 2016. A metodologia descrita abaixo foi utilizada para todos os patógenos estudados no experimento.

#### 3.2 Obtenção dos fungos

Os isolados dos patógenos de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* e *Pythium* sp. foram obtidos da coleção de fungos do laboratório de fitossanidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Dois Vizinhos. Foram cultivados em placas de Petri® contendo meio de cultura BDA (batata, dextrose e Agar), e mantidos a 25°C± 2°C e fotoperíodo de 12 h de luz e utilizados após 10 dias de crescimento em BDA.

#### 3.3 Obtenção dos fosfitos e caracterização do experimento

Os fosfitos utilizados no experimento foram cedidos pela empresa Spraytec Fertilizantes, sendo eles o Ultra K10®, Ultra Mn10® e CUBO®

As parcelas do experimento, constituíram-se por placas de Petri® de vidro contendo 9 cm de diâmetro. Para todos os fosfitos estudados (cobre, potássio, manganês) as concentrações foram padronizadas em 10 µL, 20 µL, 40 µL e 60 µL. Para a testemunha foi utilizado somente o meio de cultura BDA sendo que o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado contendo 4 repetições por tratamento.

O meio de cultura foi feito utilizando-se 400 gramas de batata, 40 gramas de dextrose, 40 gramas de Agar e 2 litros de água destilada. Foram dispostos 100 ml de meio em cada erlenmayer. Após todos os materiais foram esterilizados em autoclave na temperatura de 121°C por 15 minutos.

Em câmara de fluxo laminar, os produtos foram adicionados em suas devidas concentrações aos meios de cultura. Posteriormente foram vertidos nas placas de Petri® e, após a solidificação dos mesmos, inseriu-se um disco contendo 5 mm de diâmetro do *fungo S. sclerotiorum, R. solani, F. oxysporum e Pythium sp.*

As placas foram vedadas com papel filme e incubadas em B.O.D na temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas por 10 dias, onde procedeu-se as avaliações no decorrer do crescimento do fungo até atingir a borda da placa.



Figura 1. Condução do experimento, A. Meio de cultura BDA; B. Correção do meio com NaOH; C. Meio de cultura sendo vertido em placas de Petri®; D. Produtos sendo adicionados ao meio de cultura.

### 3.4 Avaliações do crescimento micelial

As avaliações do crescimento micelial foram feitas 24; 48; 72 e 96 horas após a incubação em B.O.D, com a utilização de medição cruzada em centímetros de dois diâmetros (A e B) pré-definidos antes do crescimento

micelial do fungo. Os experimentos foram finalizados quando a primeira placa testemunha teve sua borda atingida pelo crescimento micelial dos fungos.



Figura 2. Avaliação do crescimento micelial com 24, 48, 72 e 96 horas respectivamente.

### 3.5 Análise estatística

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram avaliados quanto a normalidade, e submetidos à análise de variância, então avaliados por regressão através do programa estatístico Genes (Cruz, 2013).

#### 4. Resultados e Discussões

Os resultados observados demonstraram efeito significativo e inversamente proporcional entre os fatores concentrações e o crescimento micelial dos fungos *S. sclerotiorum*, *R. solani*, *F. oxysporum* e *Pythium sp.*, em cultivo *in vitro*. Ou seja, com o aumento da concentração, houve redução do crescimento micelial dos patógenos.

Para os fatores produtos e concentrações não houve diferença significativa, demonstrando que os três produtos se comportaram da mesma forma, tendo efeito inibitório do crescimento micelial de todos os fungos estudados neste trabalho.

Para o fungo *S. sclerotiorum*, obteve-se (figura 1) uma curva de regressão quadrática para os produtos sendo que a concentração na qual se obteve maior inibição do crescimento para os produtos Ultra Mn10<sup>®</sup> e CUBO 700<sup>®</sup> foi a dose de 40 µL e para o Ultra K10<sup>®</sup> a dose de 60 µL teve maior efetividade.

O ponto de máxima eficiência técnica para o fosfito CUBO 700<sup>®</sup> é obtido na dose de 40,9 µL, sobre o crescimento micelial de *S. sclerotiorum*, tendo o patógeno apresentado um crescimento de apenas 0,75 mm. Por meio desse modelo quadrático 69,64% da variação do crescimento micelial é explicado pela dose do fosfito de cobre. Para o Ultra K10<sup>®</sup>, o ponto de máxima foi obtido na dose de 6,51 µL, tendo o patógeno apresentado um crescimento de 1,96 mm.

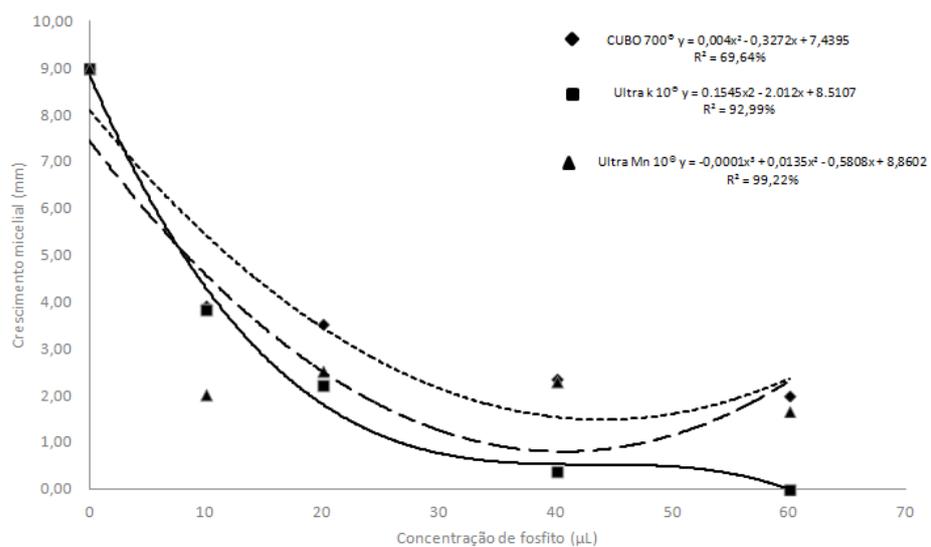


Figura 3. Gráfico de crescimento micelial de *S. sclerotiorum* em função das doses de cada produto.



Figura 4. Placa testemunha de *Sclerotinia sclerotiorum*.

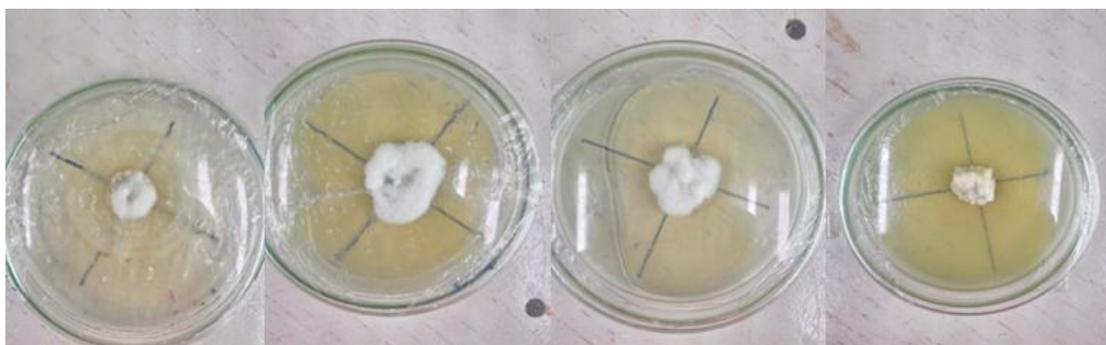


Figura 5. Crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotium* com adição de fosfito de cobre.



Figura 6. Efeito fungistático e fungitóxico em *Sclerotinia sclerotiorum* com fosfito de manganês.



Figura 7. Efeito fungitóxico e fungicida com adição do fosfito de potássio no meio de cultura.

Os resultados observados (tabela 1) demonstraram alta taxa de inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* pelos produtos testados. Os três produtos utilizados apresentaram comportamento semelhante entre si, inibindo o desenvolvimento do fungo. Observou-se ainda, que todas as doses dos três produtos testados apresentaram ação fungicida sob o patógeno.

**Tabela 1.** Médias dos crescimentos miceliais de *Fusarium oxysporum* submetidos aos tratamentos com diferentes fosfitos.

Tratamento	Média de crescimento micelial
Fosfito de cobre	0,325a
Fosfito de potássio	0,002a
Fosfito de manganês	0,002a

Pelo comportamento semelhante de ambos os produtos a base de fosfitos, todos poderiam ser indicados para o controle de *F. oxysporum* em condições *in vitro*.



Figura 8. Placa testemunha de *Fusarium oxysporum*.



Figura 9. Efeito fungitóxico e fungicida ocasionado pelo fosfito de cobre em *Fusarium oxysporum*.



Figura 10. Efeito fungitóxico e fungicida ocasionado pelo fosfito de manganês.



Figura 11. Efeito fungitóxico e fungicida ocasionado pelo fosfito de potássio.

Para o fungo *Rhizctonia solani*, da mesma forma que para *S. sclerotiorum*, a curva de regressão foi quadrática, e os melhores resultados foram obtidos com a dose de 40  $\mu\text{L}$ , para todos os produtos (Ultra Mn10<sup>®</sup>, Ultra K10<sup>®</sup> e CUBO 700<sup>®</sup>).

O ponto de máxima eficiência técnica pelo uso do fosfito Ultra K10<sup>®</sup> sobre o crescimento micelial de *R. solani* foi obtido na dose de 6,46  $\mu\text{L}$  com crescimento micelial de apenas 1,40 mm. Por meio do modelo quadrático 94,75% da variação do crescimento micelial é explicado pelas doses do fosfito de potássio.

Para o Ultra Mn10<sup>®</sup>, o ponto de máxima eficiência técnica foi obtido na dose de 6,08  $\mu\text{L}$ , onde se obteve um crescimento de apenas 0,74 mm, por meio do modelo quadrático 92,96%. O CUBO 700<sup>®</sup> obteve seu ponto de máxima na dose de 7,68  $\mu\text{L}$ , onde o fungo teve crescimento de apenas 0,60 mm.

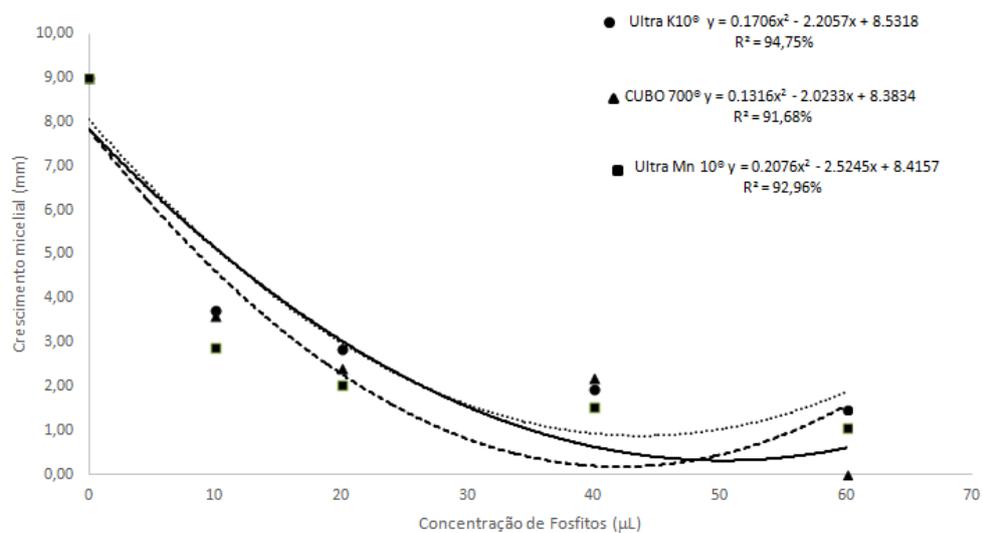


Figura 12. Crescimento micelial de *R. solani* em função das doses dos produtos testados.



Figura 13. Placa testemunha com o patógeno *Rhizoctonia solani*.

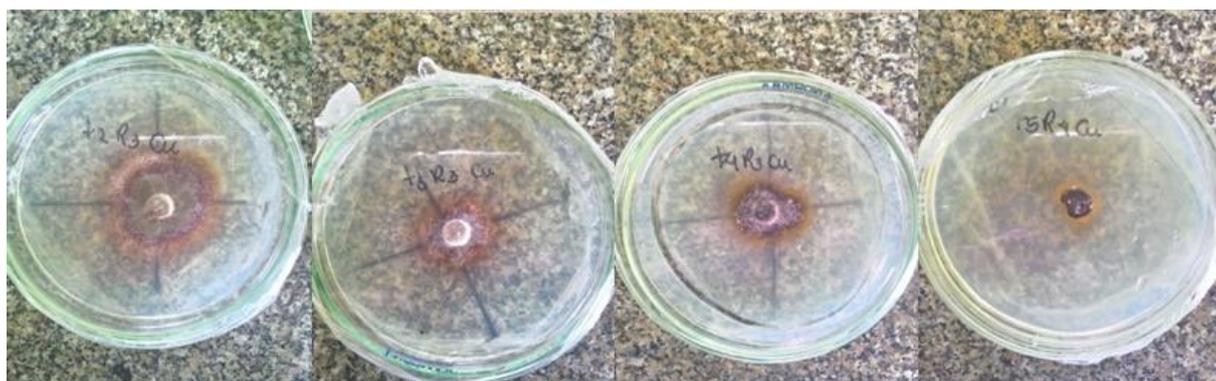


Figura 14. Efeito fungistático e fungitóxico em função da dose de fosfito de cobre.



Figura 15. Efeito fungistático crescente em função da dose do fosfito de potássio.



Figura 16. Efeito fungistático em função da dose do fosfito de manganês.

Para o *Pythium* sp. o crescimento micelial foi reduzindo intensamente com o aumento da concentração. Sendo que na concentração de 60  $\mu\text{L}$  o patógeno não se desenvolveu (figura 3).

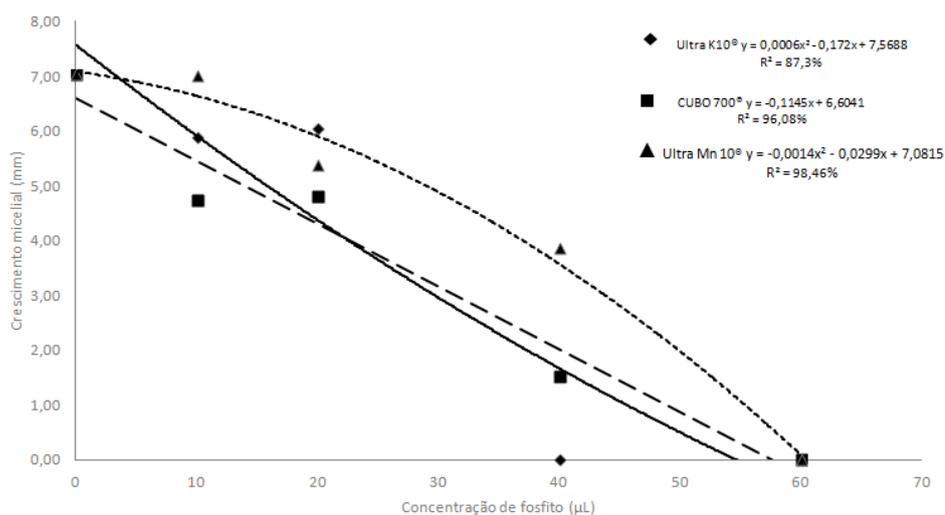


Figura 17. Crescimento micelial de *Pythium* sp. em função das doses dos produtos testados.

Para o *Pythium* sp. a maior dose testada, 60  $\mu\text{L}$ , foi a que apresentou efeito fungicida no patógeno, não apresentando crescimento micelial.



Figura 18. Placa testemunha com o fungo *Pythium* sp.



Figura 19. Efeito fungistático, fungitóxico e fungicida em função da dose do fosfito de cobre.



Figura 20. Efeito fungistático e fungicida do fosfito de potássio.



Figura 21. Efeito fungistático e fungicida do fosfito de manganês.

Para o fosfito de potássio existem vários trabalhos comprovando sua eficiência. Como o relatado por Araujo (2010), onde empregou-se fosfito de potássio no controle de *Colletotrichum gloesporioides*, e obteve-se ação direta do produto sobre o crescimento do patógeno, nas doses testadas.

Sobrinho (2016) testou fosfito de potássio no controle de *Fusarium solani* do maracujazeiro, e obteve resultados positivos na inibição do patógeno nas concentrações de 50 ppm em cultivo *in vitro*, bem como Schurt (2013), onde foi testado a eficiência do fosfito de potássio *in vitro*, sobre *R. solani* e obteve-se resultados positivos sobre o controle do crescimento micelial do patógeno.

Ortíz (2012) também verificou a ação do fosfito de potássio sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet e observou a inibição completa do crescimento do fungo e redução na germinação dos esporos.

Os produtos a base de fosfito de cobre e manganês possuem poucos relatos de sua ação direta sobre o crescimento de patógenos. Dessa forma, o que se pode inferir é que o modo de atuação de tais produtos sobre os patógenos foi fungitóxico e fungicida, pois os produtos podem ter atuado de forma inespecífica, na membrana do fungo, inibindo a ação proteica e enzimática, ou ainda pode ter ocorrido devido ao excesso dos produtos no meio de cultura, mesmo em baixas concentrações (JULIATTI).

Alguns estudos já realizados, corroboram a eficiência dos produtos. Prova disso está num experimento realizado através da pulverização de Mn foliar em quatro cultivares de soja, sendo que estas apresentaram redução de ataque do patógeno *Fusarium* spp. com o aumento da dose aplicada (CARVALHO, 2015).

O fosfito de cobre no controle de doenças foi testado em cultivares de pêssigo visando à redução da incidência de ferrugem e podridão marrom. Para a ferrugem na cultivar BR1 a qual foi testada houve redução da severidade da doença em relação ao tratamento testemunha (KOWTA, 2012). Demonstrando o potencial do produto para o tratamento de patógenos.

Outra hipótese levantada é que pela ação do fosfito ser sistêmica, reduzindo intensamente o crescimento micelial, a liberação de esporos, além

de ter ação tóxica para algumas espécies de fungos (GUEST, 2005), ocasionou ação fungitóxica e fungicida para *R. solani*, *Pythium*, *S. sclerotiorum* e *F. oxysporum* nas concentrações testadas.

Segundo o estudo feito por Mc Donald (2001), o fosfito foi testado em *Phytophthora* e pode-se constatar que a ação do produto é primeiramente dentro do patógeno e posteriormente sobre a planta hospedeira (FEN,1989). O metabolismo de *Phytophthora* foi perturbado pela ação do fósforo, causando acúmulo de polifosfato e pirofosfato, sendo tóxico ao patógeno, inibindo reações pirofosforílicas-chaves ao anabolismo do fungo (NIERE,1994).

## 5. Conclusão

Por meio desse estudo, pode-se constatar que a atuação dos produtos a base de fosfitos, sendo eles Ultra K10<sup>®</sup>, Ultra Mn10<sup>®</sup> e CUBO<sup>®</sup>, apresentaram ação na redução do crescimento micelial dos patógenos *S. sclerotiorum*, *R. solani*, *F. oxysporum* e *Pythium sp.*, em condições *in vitro*. Estudos futuros podem ser pensados, visando saber a atuação direta dos produtos nas plantas *in vivo*.

## REFERÊNCIAS

ALI, M.K. et al. Scoparone eliciting activity released by phosphonic acid treatment of *Phytophthora citrophthora* mycelia mimics incompatible response of phosphonic acid-treated Citrus leaves inoculated with this fungus. **Plant Science**, v. 93, p. 55-61, 1993.

AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. & BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. V. 1. Piracicaba, SP: Ceres. 704p, 2011.

ARAÚJO, L. SANHUEZA, R.M.V. STADNIK, M. Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e no controle pós-infeccional da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. **Tropical Plant Pathology**. v.35, n.1, 2010.

BASSETO, M. A.; CERESINI, P. C.; VALERIO FILHO, W. V. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. **Summa phytopathol**. v.33, n.1, pp.56-62, 2007.

Benítez, T.; Rincón, A. M.; Limón, M. C.; Codón, A. C. **Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains**. **International Microbiology**, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.

BEN-YEPHET, Y.; BITTON, S. Use of a selective medium to study the dispersal of ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytoparasitica**, v.13, n.1, p.33-40, 1985.

BOTELHO, S.A.; RAVA, C.A.; LEANDRO, W.M. Supressividade induzida a *Rhizoctonia solani* pela adição de diferentes resíduos vegetais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 35- 42, 2001.

CARVALHO, E.R. et.al. Mn foliar sobre a qualidade sanitária e lignina de sementes de soja convencional e resistente ao glifosato. **Ciência Agronomica**, v.46, n.1, p.135-143, 2015.

CHALUVARAJU, P.B et al. Effect of some phosphorous-based compounds on control of pearl millet downy mildew disease. **Crop Protection**, v.23, p. 595-600, 2004.

Cruz, C.D GENES. A software package for analyses in experimental statistics and quantitative genetcis. *Acta Scientiarum*. v. 35, n.3, p.271-276, 2013

DA SILVA, et.al. Identificação e utilização de *Trichoderma* spp. armazenados e nativos no biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.33-42, Mossoró, 2015.

DANIEL, R. GUEST.D. Defense responses induced by potassium phosphonate in *Pythophthora palmivora* – challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological and molecular Plant Pathology**, v.67. n. 3-5. P.194-201, 2005.

Fenn, M.E.; Coffey, M.D. Quantification of Phosphonate and Ethyl Phosphonate in Tobacco and Tomato Tissues and its Significance for the Mode of Action of Two Phosphonate Fungicides. **Phytopathology**, 1989.

GERALDINE, A. M. et al. Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by *Trichoderma* spp. **Biological Control**, San Diego, v. 67, n. 3, p. 308-316, 2013.

GHINI, R. SCHOENMAKER, I.A.S, BETTIOL, W. Solarização do solo e incorporação de fontes de matéria orgânica no controle de *Pythium* spp. **Pesq. agropec. bras.** v.37, n.9, Brasília, 2002.

Guest, D.; Grant, B.R. The Complex Action of Phosphonates as Antifungal Agents. **Biol. Rev.** 1991, 66, 159±187.

HUBER, D. M. Papeis do nitrogênio e enxofre na resistência a doenças de plantas. In: SIMPOSIO SOBRE RELAÇÕES ENTRE NUTRIÇÃO MINERAL E INCIDENCIA DE DOENÇAS DE PLANTAS, 2005, Piracicaba, **Anais**, Piracicaba: Potafos, 2005.

JACKSON, T.J. et al. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, v.49, p.147-154, 2000.

KAWASAKI, V.H.; MACHADO, J.C. Establishment of a semiselective method for the detection of *Sclerotinia sclerotiorum* in dry bean and soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v.35, n.4, p.435-442, 2013.

KIN, H. et al. Identification and characterization of *Sclerotinia sclerotiorum* NADPH oxidases. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 77, n. 21, p. 7721–7729, 2011.

KOWATA, L.S. et al. Potassium, calcium and copper phosphite to control peach rust and brown rot. **Idesia**, v.30, n.3, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres.638 p. São Paulo, 2006.

MATZ, J.A. Rhizoctonia of the fig. **Phytopatology**, v. 7, p. 110-8, 1917.

Mc DONALD, A.E. GRANT, B.R. PLAXTON, W.C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1505-1519, 2001.

MENEGHETTI, R. C.. **Avaliação de fosfito de potássio sobre o progresso de *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. 2009. 65 f. Tese (Doutorado) - Pós Graduação em Agronomia (área de Concentração em Produção Vegetal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M. **Ensaio cooperativo de controle químico de mofo-branco na cultura da soja: safras 2009 a 2012**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100p. (Embrapa Soja. Documentos, 345).

MICHEREFF, S.J. et al. Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S.J. et al. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, 2005. Cap.1, p.1-18.

MILANESI, Paola M. et al . Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa , v. 36, n. 3, p. 347-356, jul. 2013 . Disponível em <[http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2013000300010&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2013000300010&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 07 jul. 2016.

Niere, J.O.; DeAngelis, G.; Grant, B.R. The Effect of Phosphonate on the Acid-soluble Phosphorus Components in the Genus *Phytophthora*. **Microbiology** 1994.

NOJOSA, G. B. de A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L.; et al. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

ORTÍZ, A.M.M. ZAPATA, J.C. Evaluación in vitro de Inductores de Resistencia sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. **Rev. Fac. Nat. Agr.** V.65, n.1, p. 6327-6336, 2012.

SCHROEDER, K.L. et. al. Molecular detection and quantification of *Pythium* species: evolving taxonomy, new tools, and challenges. **Plant Disease**, v.91, n.1, 2013.

SCHURT, D.A. et.al. Eficiência de diferentes moléculas na redução dos sintomas da queima das bainhas em arroz e no crescimento de *Rhizoctonia solani* in vitro. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.221-225, Viçosa, 2013.

SILVA, M. A. D.; VIEIRA, R. D.; SANTOS, J. M. Influência do envelhecimento acelerado na anatomia da testa de sementes de soja, cv. Monsoy 8400. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p.091-099, 2008.

SILVA, M.S. et.al. Uso de antagonistas e produtos alternativos no manejo pós-colheita de podridão mole em pimentão. **Ciência agronômica**, v.45, n.4, p.718-125, 2014.

SOBRINHO, G.G.R. et.al. Efeito de fosfito de potássio no crescimento e na densidade micelial do *Fusarium solani* do maracujazeiro. **Summa Phytopathol**, v.42, n.2, p.180-182, 2016.