

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* E NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão Machado

Itaqui, RS, Brasil
2016

Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão Machado

**FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* E NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Renata Silva Canuto de Pinho

Itaqui, RS, Brasil

2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M149f Machado, Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão
FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE Sclerotinia sclerotiorum
E NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA / Joaquim Dalmiro Urquiza
Falcão Machado.
26 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2016.
"Orientação: Renata Silva Canuto de Pinho".

1. Mofo-branco. 2. Tratamento de sementes. 3. Crescimento
micelial. I. Título.

Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão Machado

FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* E NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 30 de junho de 2016.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Renata Silva Canuto de Pinho

Orientadora

Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Luciana Zago Ethur

Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof.Dr. Paulo Jorge de Pinho

Curso de Agronomia - UNIPAMPA

RESUMO

FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* E NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA

Autor: Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão Machado

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Renata Silva Canuto de Pinho

Local e data: Itaqui, 30 de junho de 2016.

A soja é uma das principais culturas para a economia do Brasil. Entretanto, os produtores de soja chegam a ter perdas na safra de até 15% devido à ocorrência de doenças fúngicas. Uma das principais doenças é o mofo-branco, que tem como agente etiológico a *Sclerotinia sclerotiorum*. Entre as alternativas de controle está a utilização de produtos a base de fosfito. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja e no crescimento micelial de *S. sclerotiorum in vitro*. Foram realizados dois experimentos e, em ambos, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. No teste *in vitro* foram testadas as doses 0, 2, 4, 6 e 8 mL⁻¹ de duas fontes de fosfito de potássio (Yantra[®] e Reforce[®]). Para isso, foi repicado um disco de micélio de *S. sclerotiorum* em cada uma das placas de Petri contendo as diferentes concentrações dos fosfitos de potássio em meio de cultura BDA. Em seguida, as placas foram armazenadas em câmaras BOD com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas diariamente medindo-se o diâmetro da colônia até que a testemunha atingiu a borda da placa. No teste de germinação e a sanidade das sementes de soja, sementes da cultivar Syngenta 1163 RR foram tratadas com os fosfitos de potássio associados ou não à fungicida Maxim[®] (Testemunha, Yantra[®] 200µL, Reforce[®] 200µL, Maxim[®] 125 µL, Maxim[®]+Yantra[®] 125 µL +200µL e Maxim[®]+Reforce[®] 125 µL +200µL). Após tratadas, as sementes foram dispostas em papel *germitest* umedecidos e incubadas em BOD, durante sete dias. Após este período foram avaliadas a germinação das sementes e a incidência de fungos. Ambas as fontes de fosfito potássio obtiveram uma curva de redução similar do índice de velocidade crescimento micelial, sendo que o maior nível de controle *in vitro* foram nas doses 6,6 e 5,8 mL⁻¹, respectivamente para Yantra[®] e Reforce[®]. Tratamentos de sementes de soja onde o fungicida Maxim[®] foi aplicado isolado ou em associação com os fosfitos obtiveram uma redução da incidência fúngica nas sementes. Além disso, os fosfitos não afetaram a germinação das sementes de soja e estas não apresentaram sintomas de fitotoxicidade.

Palavras-chave: Mofo-branco; Tratamento de sementes; Crescimento micelial.

ABSTRACT

POTASSIUM PHOSPHITE IN THE CONTROL OF *Sclerotinia sclerotiorum* AND SOYBEANS SEEDS GERMINATION

Author: Joaquim Dalmiro Urquiza Falcão Machado

Supervisor: Prof.^a Dr.^a Renata Silva Canuto de Pinho

Date and place of presentation: Itaquí, June 30th, 2016.

Soybean is an important crop for the economy of Brazil. However, soybeans producers have losses up to 15% in the harvest due to the occurrence of diseases, and a major disease is the white-mold, which the etiologic agent is *Sclerotinia sclerotiorum*. Among the pathogen control alternative is the use of phosphite based products. The aim of this study was to evaluate the effect of potassium phosphite on soybean seed germination and fungal incidence in soybean seeds and mycelial growth of *S. sclerotiorum* in vitro. Two experiments were conducted, and both used the completely randomized design. In the in vitro were tested doses 0, 2, 4, 6 and 8 mL⁻¹ of two sources of potassium phosphite (Yantra[®] and Reforce[®]). For this, It has a peaked *S. sclerotiorum* mycelial discs in each of the petri dishes containing different concentrations of potassium phosphite on PDA culture medium. Then, the dishes were stored in BOD chambers with 25 ° C and photoperiod of 12 hours. With daily evaluations performed to measure the colony diameter until the witness reached the edge of the petri dish. Germination and health of soybean seeds, Seeds of the cultivar Syngenta 1163 RR were treated with potassium phosphite with or without the commercial fungicide Maxim[®] (Control, Yantra[®] 200µL, Reforce[®] 200µL, Maxim[®] 125 µL, Maxim[®]+Yantra[®] 125 µL +200µL e Maxim[®]+Reforce[®] 125 µL +200µL). After the treatment, the seeds were placed on moistened germitest paper and incubated in BOD and incubated for seven days. The seed germination and incidence of fungi was evaluated. Therefore both sources of potassium phosphite obtained a similar reduction in mycelial growth curve, where the optimum doses were 6,6 and 5,8 mL.L⁻¹, respectively for Yantra[®] and Reforce[®]. It was observed that the fungicidal treatments where Maxim[®] was applied alone or in combination with phosphites decreased the fungal incidence in the seeds. Furthermore, phosphites did not affect the germination of soybean seeds and showed no signs of phytotoxicity.

Keywords: White mold; Seed treatment; mycelial growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sintomas de mofo-branco em hastes de feijoeiro comum e em hastes e vagens da soja. FONTE: TRECENI, 2012.	11
Figura 2 – Efeito das diferentes doses de Yantra® no índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	18
Figura 3 - Efeito das diferentes doses de Reforce® no índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Tratamentos de sementes de soja com duas fontes de fosfito de potássio.	17
Tabela 2 – Efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja e no comprimento de radícula.	21
Tabela 3 – Efeito das duas fontes de fosfitos de potássio combinadas ou não com o fungicida.	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	11
2.2. Métodos de controle e dificuldade no controle da <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	12
2.3. Fosfito como método de controle.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Teste de fungitoxicidade <i>in vitro</i>	16
3.1.1. Efeito de diferentes doses de fosfito de potássio no crescimento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	16
3.2. Efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Efeito das doses dos fosfitos de potássio no índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de <i>Sclerotiniasclerotiorum</i>	19
4.1.1. Avaliação das doses de Yantra®	19
4.1.2. Avaliação das doses de Reforce®	19
4.2. Efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja	21
4.2.1. Efeito de fosfito de potássio na incidência de fungos em sementes de soja.....	22
5. CONCLUSÃO.....	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

Uma das culturas mais importantes para economia do Brasil é a soja. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), a área de cultivo na safra de 15/16 é aproximadamente 33,2 milhões de hectares com produção de 101,2 milhões de toneladas, porém o produtor chega a ter perdas superiores a 15% de sua safra anual devido à severa ocorrência de doenças, sendo elas um dos principais fatores que limitam a exploração máxima do potencial de produtividade da soja.

Entre as doenças de maior incidência sobre a soja, destaca-se o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), também conhecido como podridão-de-sclerotínia. Esta doença é considerada uma das mais graves, sendo uma doença preocupante tanto para a produção de soja, como de outros cultivos (feijão, algodão e girassol), devido a sua característica destrutiva (Bolton, *et al.*, 2006). Este patógeno possui mais de 300 espécies hospedeiras e pode sobreviver durante anos no solo pela presença dos escleródios, que são suas principais estruturas de resistência, o que dificulta a sua erradicação (Bianchini, *et al.*, 2005; Henning, 2009).

Existem inúmeras maneiras de controlar as doenças que incidem sobre a soja. No entanto, os cultivares de soja não são resistentes a *S. sclerotiorum*, e o controle químico do mofo-branco pode ser inviável em razão dos custos e das dificuldades de manejo (Gorgen, *et al.*, 2009). Mas a procura por produtos alternativos de combate vem aumentando. Entre os produtos utilizados, citamos os fosfitos, nome genérico empregado para os sais do ácido fosforoso (H_3PO_3), apresentando elevada solubilidade e seletividade (Guest e Grant, 1991). O fosfito atua estimulando a formação de substâncias de defesa da própria planta, como as fitoalexinas, bem como o efeito fungicídico atuando diretamente sobre o fungo (Silva, *et al.*, 2013). A utilização somente de fosfitos como também na combinação com fungicidas, pode acarretar numa redução de doenças causadas por fungos em várias plantas cultivadas (Carmona e Sautua, 2011).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja na incidência fúngica nas mesmas e no crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Sclerotinia sclerotiorum*

Sclerotinia sclerotiorum é um fungo que está presente na microbiota do solo, locado na subdivisão Ascomycotina. Este produz os apotécios de 2 a 10 mm de diâmetro em formato côncavo. Os ascos produzidos têm um formato cilíndrico medindo de 7 a 10 µm de diâmetro por 112 a 156 µm de comprimento sendo capaz de produzir ascósporos em forma de elipsóide, hialinos, com dimensões de 4-6 x 9-14 µm, além de este apresentar produção de mecanismos de sobrevivência de longa duração chamados de escleródios, estes por sua vez são pretos e irregulares medindo de 2-15 x 2-30 mm (Bianchini, *et al.*, 2005)

Bianchini, *et al.* (2005) relata que o mofo-branco por *S. sclerotiorum*, pode afetar toda a parte aérea da planta, tendo como seu primeiro sintoma pequenas lesões aquosas, que se desenvolvem rapidamente tomando todo o órgão afetado, esse perde a cor passando primeiro por uma tonalidade amarela e depois marrom, com presença de podridões moles nos seus tecidos, tendo sobre essas lesões micélio branco com aspecto de algodão. A podridão mole irá causar a morte dos ramos, e será possível visualizar nessa fase onde micélio branco começará a engrossar dando origem aos escleródios (Figura 1).



Figura 1 – sintomas de mofo-branco em hastes de feijoeiro comum e em hastes e vagens da soja. FONTE: TRECENI, 2012.

Esta doença é considerada uma das mais graves, sendo atualmente uma doença muito preocupante tanto para a produção de soja, como de outros cultivos

(feijão, algodão e girassol), devido a sua característica destrutiva (Bolton, *et al.*, 2006). Este patógeno possui mais de 300 espécies hospedeiras e pode sobreviver viável durante anos no solo pela presença dos escleródios, que são suas principais estruturas de resistência, o que dificulta a sua erradicação (Bianchini, *et al.*, 2005; Henning, 2009). Vieira, *et al.* (2001) relacionam o uso de sementes infectadas com micélio e/ou em mistura com escleródios como a principal causa desse patógeno nas áreas cultivadas. Os escleródios podem simplesmente germinar miceliogenicamente, infectando diretamente a planta, entretanto a maneira mais comum de ocorrer essa infestação é indiretamente, onde o escleródio irá produzir carpogenicamente os apotécios que liberam os ascósporos, podendo ser facilmente distribuídos por anemocoria. Vale ressaltar que o potencial destrutivo dos sintomas de mofo-branco está relacionado com a espécie do hospedeiro e a região onde se dá o início da infecção, além de que as condições climáticas estão diretamente relacionadas com a curva da doença (Beruski, 2013), como relatado por Almeida, *et al.* (2005) onde as lavouras mais atingidas por *S. sclerotiorum* estão sob sistemas de irrigação de pivô central, por criar um micro clima ideal para desenvolvimento deste fungo, alto índice de umidade e temperaturas mais amenas.

2.2. Métodos de controle e dificuldade no controle da *Sclerotinia sclerotiorum*

Bianchini, *et al.* (2005) salienta que o controle deve ser feito com rotação de cultura com gramíneas para reduzir as fontes de inóculo inicial, com utilização de material propagativo sadio e deve ser feito um dimensionamento de irrigação apropriado visto que a doença é favorecida pelos altos índices de umidade. Além da adequação de práticas culturais preventivas como: maiores espaçamentos, menor população, capinas, evitar excesso de adubação nitrogenada, entre outras práticas que auxiliem na aeração e entrada de radiação solar.

A fase mais crítica para a cultura da soja, quando fica mais vulnerável à infecção de *S. sclerotiorum* é durante o período reprodutivo, mais precisamente da plena floração até o início da formação dos grãos, R2 até o início da R5 respectivamente (Danielson, *et al.*, 2004). Uma das dificuldades do combate a este fitopatógeno é o tempo que suas estruturas permanecem viáveis. Harikirishnan e Del Rio (2006) relataram que o micélio permanece viável durante 6 dias dentro das

flores, mesmo em condições impróprias pra seu desenvolvimento e assim que as condições ideais de alta umidade retornam o fungo retoma seu progresso de infecção.

Não existe cultivares resistentes ao mofo-branco, e o controle químico pode ser inviável pela dificuldade de se obter uma cobertura total das plantas durante a pulverização e essas práticas demandarem um alto investimento (Görge, *et al.*, 2009)

Segundo o Centro de Inteligência da Soja (2013) a medida mais utilizada nos dias atuais para o controle é o controle químico. Entretanto se faz indispensável a incansável busca por cultivares resistentes ou tratos culturais que visam a redução das populações de patógenos, além das barreiras fitossanitárias que impeçam a disseminação para novas áreas. Inúmeros sais inorgânicos foram testados ao redor do mundo para verificar a eficácia para suprimir fungos de alta patogenicidade em uma ampla gama de cultura tanto a campo quanto em casas de vegetação. De acordo com a revisão feita por Deliopoulos, *et al.* (2010), a maioria dos relatos implicam na redução da gravidade da doença.

2.3. Fosfito como método de controle

Segundo Deliopoulos, *et al.* (2010) na formulação dos sais de fosfito, contém um cátion metálico, tais como K^+ , Na^+ ou amônio (NH_4^+) e deve conter qualquer um dos seguintes anions não-metálicos: fosfito (PO_3^{3-}), fosfito de hidrogênio (HPO_3^{2-}), fosfito diácido (H_2PO_3). No momento em que o H_3PO_3 reage com a água ocorre a formação de ácido fosforoso, que é altamente ácido, sendo este neutralizado com hidróxido de potássio (KOH) transformando-o em fosfito de potássio diácido (KH_2PO_3) ou fosfito de hidrogênio dipotássico (K_2HPO_3). Sendo estes dois compostos muito utilizados como princípios ativos para inúmeros fertilizantes e fungicidas a base de fosfito. Sua eficiência é mais evidente quando aplicados de maneira preventiva do que quando utilizados de maneira curativa (Landschoot e Cook, 2005).

Os fosfitos podem atuar diretamente ou indiretamente sobre a doença. De modo direto quando os fosfitos inibem o desenvolvimento do patógeno e

indiretamente quando o fosfito induz a planta a começar uma produção de substâncias de defesa pós-formadas (enzimas, fenóis e fitoalexinas) que atuarão contra o patógeno (Carmona e Sautua, 2011). Ribeiro Junior, *et al.* (2006) salientam que é muito mais relatada a ação direta ou fungicida dos fosfitos, enquanto que a ação ativadora de mecanismos de defesa é questionada, não havendo muitos casos evidenciados desta indução de resistência.

Estes sais podem ser aplicados isoladamente, ou até mesmo em associação com fungicidas, demonstrando uma alternativa eficaz no manejo de doenças, em virtude de ocorrer efeito aditivo ou sinérgico quando esses compostos químicos são utilizados de forma conjunta (Meneghetti, *et al.*, 2010). Pela formulação dos fosfitos terem ação sistêmica, as raízes e folhas conseguem rapidamente absorver o produto, aumentando a eficiência da absorção de fósforo e assimilação de potássio. Além de favorecer a absorção de Ca, B, Zn, Mn, Mo, K entre outros, e por ser um excelente complexante (Vitti, *et al.*, 2005), onde uma planta com suas exigências nutricionais supridas torna-se capaz de ativar os seus mecanismos de autodefesa (Reuveni, *et al.*, 1994).

Sempre salientando que o método de utilização depende da combinação da cultura e do patógeno, o modo de aplicação mais comum é via pulverização foliar (Dorn, *et al.*, 2007), mas existem outras técnicas como via irrigação por gotejamento (Oren e Yogev, 2002), aplicação via raiz (Smillie, *et al.*, 1989), em mistura com a solução nutritiva para hidropônia (Förster, *et al.*, 1998), com aplicações de baixo volume com névoas aéreas (Hardy, *et al.*, 2001), com tratamento de sementes (Abbasi e Lazarotis, 2006) e com tratamento por imersão de frutos na pós colheita (Zainuri, *et al.*, 2001).

Quando ocorreu a inclusão de fosfito de potássio (KH_2PO_3) no programa de pulverização, a suscetibilidade de tubérculos para *P. infestans* (requeima da batata) foi reduzida à metade e/ou quase eliminada (Cooke e Little, 2002). Assim, quando é feita a utilização integrada com fosfitos se torna possível a redução da aplicação de fungicidas sistêmicos ou não sistêmicos, prolongando o tempo de resistência e auxiliando a planta a criar mecanismos de defesa pós-formados, principalmente fitoalexinas (Pascholati, 1995). As fitoalexinas afetam o desenvolvimento do fungo através da inibição da elongação do tubo germinativo, do crescimento da colônia (crescimento radial) e do acúmulo de matéria seca, onde os ápices das hifas mostram-se altamente sensíveis a este mecanismo (Pascholati, 2011).

Segundo Dismal (1996) produtos a base de fosfito tem auxiliado muitos produtores de citros a obterem uma sanidade e qualidade elevada na produção dos seus frutos quando ocorre à suplementação na fase mais crítica, sendo feita uma ou duas aplicações antes da floração.

De maneira que possamos considerar a utilização do fosfito como controle alternativo para alguns fungos, como visto em muitos trabalhos a sua associação a outros métodos de controle vem surtindo um efeito positivo e com bons resultados, justificando a utilização dos produtos a base de fosfito como complementos de defesa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia, na Universidade Federal do Pampa (Unipampa), em Itaqui, RS.

3.1. Teste de fungitoxicidade *in vitro*

3.1.1. Efeito de diferentes doses de fosfito de potássio no crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*

Para realização dos testes utilizou-se o meio BDA comercial (batata, dextrose e ágar na concentração de 39 g/L⁻¹). O mesmo foi auto clavado por 20 minutos a 120°C sob a pressão de 1 atmosfera. Depois de retirados da autoclave, quando o meio de cultura estava em temperatura ideal para ser vertido foram adicionadas as duas fontes de fosfito de potássio: Yantra[®] (K₂O: 26% e P₂O₄: 33,6%) e Reforce[®] (K₂O: 19% e P₂O₄: 26%) nas concentrações de 0, 2, 4, 6 e 8 mL⁻¹.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com cinco doses e seis repetições para cada uma das fontes de fosfito, sendo que cada placa de Petri representou uma unidade experimental.

Em câmara de fluxo laminar, foi repicado um disco de micélio de 5 mm de *S. sclerotiorum*, para o centro de cada uma das placas de Petri. Estas foram vedadas com parafilm[®], e armazenadas em câmaras de crescimento (BOD) a temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas.

A avaliação do crescimento micelial do fungo foi realizada em intervalos de 24 horas, medindo-se o diâmetro da colônia, na posição vertical e horizontal. As medições foram realizadas até que o micélio da testemunha atingisse a borda da placa de Petri. O cálculo do Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM), foi realizado a partir da fórmula proposta por Oliveira (1991).

$$IVCM = \frac{\sum D - Da}{N}$$

Sendo:

IVCM = Índice de Velocidade de Crescimento Micelial,

D = Diâmetro médio atual da colônia,

Da = Diâmetro médio da colônia do dia anterior,

N = Número de dias após a repicagem.

3.2. Efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja

Foram testadas duas fontes de fosfitos de potássio, Yantra[®] (K₂O: 26% e P₂O₄: 33,6%) e Reforce[®] (K₂O: 19% e P₂O₄: 26%) combinadas ou não com o fungicida Maxim[®] (FLUDIOXONIL) no tratamento de sementes (Tabela 1).

Tabela 1– Tratamentos de 100 gramas de sementes de soja com duas fontes de fosfito de potássio associadas ou não à fungicida comercial de acordo com a recomendação do produto.

Tratamentos	Quantidade de produto / 100g de sementes
Testemunha	-
Yantra [®]	200µL
Reforce [®]	200µL
Maxim [®]	125 µL
Maxim [®] +Yantra [®]	125 µL +200µL
Maxim [®] +Reforce [®]	125 µL +200µL

A avaliação da germinação foi realizada conforme as Regras de Análise de Semente (MAPA, 2009), sendo utilizado o teste no rolo de papel. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições de 50 sementes.

Na realização dos experimentos foram utilizadas sementes de soja da cultivar Syngenta 1163RR. As sementes foram dispostas em três folhas de papel *germitest* previamente esterilizadas e umedecidas com água estéril na proporção de 2,5 mL.L⁻¹ de água para cada 1 g de papel. Posteriormente foram enroladas e incubadas em

BOD sob temperatura de 25°C com fotoperíodo de 12 horas, durante sete dias. Após esse período foi realizada a avaliação da germinação das sementes (plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas), o comprimento da radícula e a incidência de fungos

3.3. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2006), sendo utilizados dois testes distintos de acordo com o tipo de análise realizado. Para o teste de fungitoxicidade *in vitro* (IVCM) foi utilizado o teste de regressão; e para o teste de germinação e incidência fungica nas sementes foi utilizado o teste de Scott-Knott. Para ambos os testes, utilizou-se o nível de significância de $P \leq 0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito das doses dos fosfitos de potássio no índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Sclerotinia sclerotiorum*

4.1.1. Avaliação das doses de Yantra®

Com o aumento das doses de Yantra® pode-se observar uma diminuição significativa do crescimento micelial do patógeno. A dose de 6,6 mL⁻¹ proporcionou o menor índice de velocidade de crescimento micelial da *S. sclerotiorum* com redução de 79,29 % quando comparados com o tratamento controle (Figura 2).

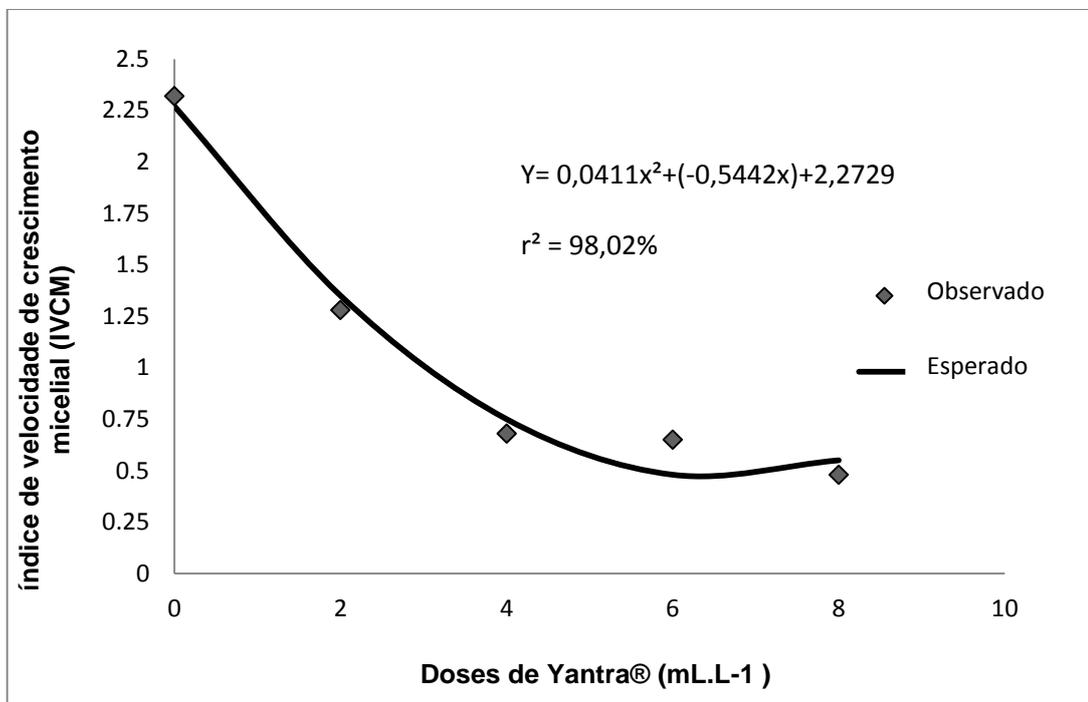


Figura 2 – Efeito das diferentes doses de Yantra® no índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Sclerotinia sclerotiorum* *in vitro*.

4.1.2. Avaliação das doses de Reforce®

Foi observada uma redução do índice de velocidade do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* com o aumento das doses de Reforce®. A dose 5,8 mL⁻¹ foi a que apresentou o menor índice de velocidade do crescimento micelial de *S. sclerotiorum* com redução de 72,48 % quando comparadas com o tratamento controle (Figura 3).

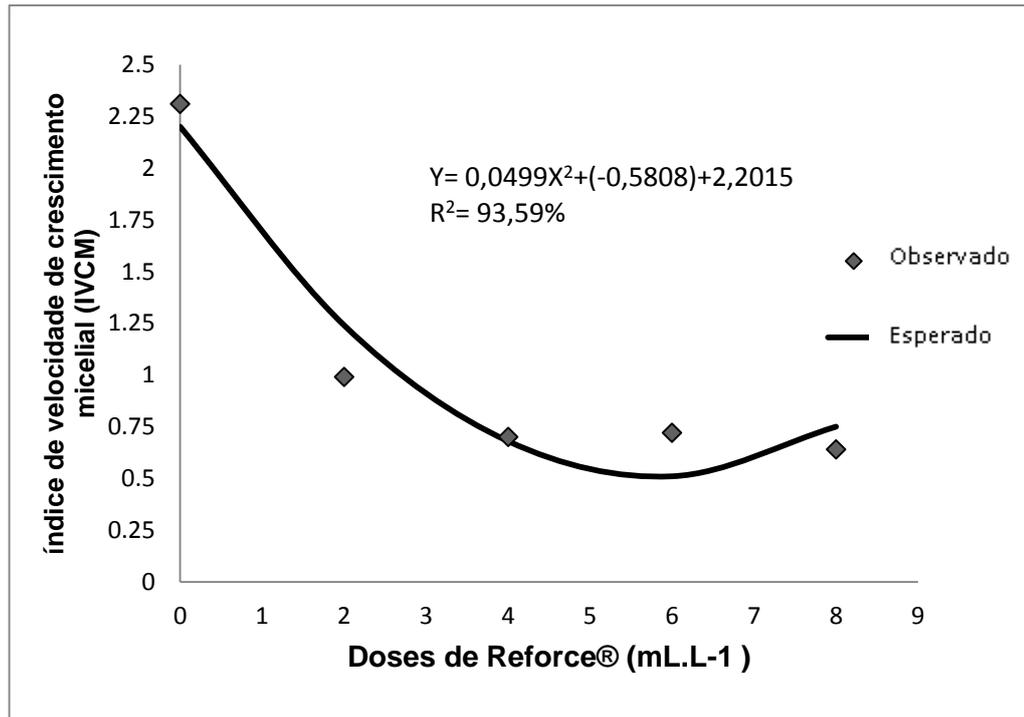


Figura 3 - Efeito das diferentes doses de Reforce® no índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Sclerotinia sclerotiorum in vitro*.

Ambas as fontes de fosfito potássio obtiveram uma curva de redução do crescimento micelial similar, apesar da diferença de concentração dos dois produtos. Trabalhos já demonstraram o efeito de fosfito de potássio *in vitro* para diferentes patógenos com concentrações próximas ao encontrado neste estudo. De acordo com Ogoshi, *et al.* (2013) a utilização de doses de 5 mL⁻¹ e 10mLL⁻¹ de fosfito de potássio foi capaz de inibir cerca de 51% e 63% da germinação dos conídios de *Colletotrichum gloesporioides*, respectivamente. Reis, *et al.* (2013) em seus estudos verificaram que o fosfito de potássio teve uma boa eficiência de controle de *Sclerotium rolfsii*, nas doses superiores a 5 mL⁻¹. Caxieta, *et al.* (2012) observaram que quanto maior a dose de fosfito aplicado no meio BDA menor é a velocidade de crescimento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum*.

Esta redução do IVCM nas maiores doses de Yantra® e Reforce® pode ter ocorrido devido a alguma alteração do pH do meio de cultura com a adição desses produtos. Araújo, *et al.* (2010), verificaram que há uma alteração de pH em diferentes concentrações de fosfito de potássio. Em seus resultados, observou-se que dosagens de até 1,5 µL/mL⁻¹ resultaram em pH reduzido, próximo de 3,0, e dosagens mais elevadas como 3,0 µL/mL⁻¹ o pH fica muito próximo a 7,0. Segundo

Griffin (1994) o crescimento ótimo dos fungos ocorre entre o pH 4,0 e 6,0, sendo prejudicado fora desta faixa.

4.2. Efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja

No teste de germinação pode ser observado que não houve diferença estatística entre os tratamentos testados para porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas, e comprimento de radícula (Tabela 2). É de suma importância ressaltar que a utilização de fosfito de potássio, apesar de ser comercializado como um produto de adubação via foliar, não causou efeito negativo na porcentagem de germinação da soja quando aplicado isolado ou em associação ao fungicida no tratamento de sementes.

Tabela 2 – Efeito de fosfito de potássio na germinação de sementes de soja e no comprimento de radícula.

Tratamentos	Germinação (%)	Plântulas normais (%)	Plântulas anormais (%)	Sementes mortas (%)	Comprimento de radícula (cm)
Testemunha	69,5 ^a	24,0 ^a	45,5 ^a	30,5 ^a	3,01 ^a
Yantra [®]	75,0 ^a	36,0 ^a	39,5 ^a	22,0 ^a	4,26 ^a
Reforce [®]	75,5 ^a	37,5 ^a	38,0 ^a	24,5 ^a	4,33 ^a
Maxim [®]	78,5 ^a	39,5 ^a	39,0 ^a	21,5 ^a	4,46 ^a
Maxim [®] +Yantra [®]	69,0 ^a	38,0 ^a	31,0 ^a	31,0 ^a	4,49 ^a
Maxim [®] +Reforce [®]	74,0 ^a	37,0 ^a	37,0 ^a	26,0 ^a	5,24 ^a
CV%	7,39	24,23	22,82	23,78	20,85

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística, Teste de Scott-Knott ($P \leq 0.05$).

Neste trabalho não foi observado fitotoxidez em sementes de soja quando tratadas com fosfito de potássio. Guest e Grant (1991), também verificaram que os fosfitos em geral apresentam uma baixa fitotoxicidade. No entanto, Espindola (2015) testando fosfito de Manganês (Ultra sannity[®]) no tratamento de sementes de soja verificou que apesar de não interferir na germinação, algumas plântulas tratadas com esse agroquímico apresentavam lesões escurecidas no hipocótilo e cotilédone evidenciando sinais de nível moderado de fitotoxicidade na dose de 2 mL⁻¹.

4.2.1. Efeito de fosfito de potássio na incidência de fungos em sementes de soja

Quanto ao efeito do fosfito de potássio na incidência de fungos nas sementes foi observado que todos os tratamentos reduziram a incidência de fungos quando comparados com o tratamento controle (Tabela 3). As menores incidências foram resultantes dos tratamentos onde o fosfito de potássio foi aplicado em associação com o fungicida Maxim® ou o fungicida isoladamente. O Yantra® e o Reforce® conseguiram um nível de controle satisfatório quando comparados a testemunha, com porcentagem de redução de 66,5% e 73,3%, respectivamente.

Tabela 3 – Efeito das duas fontes de fosfitos de potássio combinadas ou não com o fungicida.

Tratamentos	Incidência de fungos (%)
Testemunha	92,5 ^c
Yantra®	31,0 ^b
Reforce®	24,7 ^b
Maxim®	19,3 ^a
Maxim®+Yantra®	13,5 ^a
Maxim®+Reforce®	14,0 ^a
CV%	20,2

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística, Teste de Scott-Knott ($P \leq 0.05$).

Carvalho e Nakagawa (2000) relataram que o tratamento de sementes, dependendo das condições ambientais, pode auxiliar na preservação do vigor das sementes, visto que a mesma irá reduzir ou evitar a ação degenerativa causadas pelos patógenos, e oferecendo uma proteção duradoura no período de armazenamento, diminuindo os danos fisiológicos causados pelos micro-organismos nesse período.

Acredita-se que a menor incidência de fungos nas sementes possa ter ocorrido devido a ação direta dos fosfitos a nos fungos veiculados pelas sementes. Pesquisas recentes vêm demonstrando que os fosfitos causam o rompimento das paredes e membranas celulares dos patógenos, juntamente com a capacidade de inibição do crescimento das hifas, por alterações de alguns genes responsáveis pela codificação das proteínas envolvidas na biossíntese da parede celular, síntese de aminoácidos, metabolização das proteínas e de energia, desintoxicação e estresse oxidativo, com isso extenuando a morfologia e a fisiologia dos patógenos (King, *et al.*, 2010; Ferreira, *et al.*, 2007 Apud Dalio, *et al.*, 2012)

5. CONCLUSÃO

Os fosfitos de potássio quando aplicados em associação com fungicida, mostram-se muito eficiente na redução da incidência de patógenos nas sementes. Os fosfitos de potássio não causam fitotoxicidade em sementes de soja.

O maior nível de redução do índice de velocidade de crescimento micelial *in vitro* foi nas doses de 5,8 mL⁻¹ e 6,6 mL⁻¹, respectivamente para Reforce[®] e Yantra[®].

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, P. A.; LAZAROVITS, G. Seed Treatment with Phosphonate (AG3) Suppresses Pythium Damping-off of Cucumber Seedlings. **Plant Disease**, v. 90, n. 4, p. 459-464, 2006.
- ALMEIDA, A. M. R.; *et al.* **Doenças da soja**. Em: Kimati, H.; Amorin, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin Filho, A & Camargo, L. E. A. Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas, São Paulo: Agronômica Ceres. v. 2. p. 596-617, 2005.
- ARAÚJO, L.; SANHUEZA, R. M. V. STADNIK. Avaliação de formulações de fosfito de potássio sobre *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* e no controle pós-infecional da mancha foliar de *Glomerella* em macieira. **Tropical Plant Pathology**, V. 35, 1, p. 054-059. 2010.
- BERUSKI, G. C. **Incidência e severidade de mofo branco em soja cultivada sob diferentes densidades populacionais e espaçamentos**. 2013. 121f., il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2013.
- BIANCHINI, A.; MARINGONI A.C.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Em: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CARMAGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**, São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, cap. 37, p. 333-349, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes, Anexo do Capítulo 9 (Teste de Sanidade de Sementes) das Regras Para Análise de Sementes**, Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária**. - Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- BOLTON, M.D.; *et al.* *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v.11, p.1-16, 2006.
- CARMONA, M.; SAUTUA; F. Os fosfitos no manejo de doenças nas culturas extensivas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 19-22, 2011.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**, 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 588, 2000.
- CAXIETA, A. O.; VIEIRA, B. S.; CANEDO, E. J. Efeito do fosfito de potássio sobre fungos fitopatogênicos do feijoeiro. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**, vol. 3, p.35-43, Nov. 2012
- CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA SOJA. **Doenças**, 2013.
- CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira**, v.3 - Safra 2015/2016. Sexto levantamento, 2016.

DANIELSON, G. A.; NELSON, B. D.; HELMES, T. C. Effect of *Sclerotinia* stem rot on yield of soybean inoculated at different growth stages. **Plant Disease**, v. 88, p. 297-300, 2004.

DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. **Crop Protection**, v. 29, p. 1059-1075, 2010.

DISMAL, N. S. **Ensinando a fornecer fósforo em etapas**, v. 81, n. 5, 1996.

DORN, B.; MUSA, T.; KREBS, H.; FRIED, P.M.; FORRER, H.R.; Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. **Europe Journal Plant Pathology**, v. 119, p. 217-240, 2007.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**, 2004.

ESPINDOLA, D. L. P. **Tratamento de sementes com fosfito de manganês e enxofre: efeitos na soja e no desenvolvimento de fitopatógenos**. 2015. 50f., il. Dissertação (Mestrado em Agrônoma) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2015.

FERREIRA, R. B.; *et al.* The role of plant defence proteins in fungal pathogenesis. Em: DALIO, R. J. D.; *et al.* **O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas**. RAPP, v. 20, p. 38, 2012.

FÖRSTER, H.; ADASKAVEG, J.E.; KIM, D. H.; STANGHELLINI, M.E. Effect of phosphate on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. **Plant Disease**, v. 82, p. 1165-1170, 1998.

GRIFFIN, D. H. **Fungal physiology**, 2. Ed. New York, 1994.

GORGEN, C. A.; *et al.* Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1583-1590, dez. 2009.

GUEST, D. I.; GRANT, B. R. The complexation of phosphonates as antifungal agents. **Biological Review**, v.66, p.159-187, 1991.

HARDY, G. E. S.; BARRETT, S.; SHEARER, B. L. The future of phosphate as fungicide to control the soil borne plant pathogen *phytophthora cinnamomi* in natural ecosystems. **Plant Pathologist**, v. 30, p. 133-139, 2001.

HARIKIRISHNAN, R.; DEL RÍO, L. E. Influence of temperature, relative humidity, ascospore concentration, and length of drying of colonized dry bean flowers on white mold development. **Plant Disease**, v. 90, p. 946-950, 2006.

HENNING, A. A. **Informativo ABRATES**. v.19, n.3, p. 10, 2009.

KING, M.; *et al.* Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*, 2010. Em: DALIO, R. J. D.; *et al.*, **O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas**. RAPP, v. 20, p. 38, 2012.

LANDSCHOOT, P.; COOK, J. Understanding the Phosphonate Products. **Department of Crop and Soil Sciences**, The Pennsylvania State University, University Park, PA, 2005.

MENEGHETTI, R. C.; *et al.* Avaliação da ativação de defesa em soja contra *phakopsora pachyrhizi* em condições controladas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829 jul./ago., 2010.

OGOSHI, C.; *et al.* Potassium phosphite: A promising product in the management of diseases caused by *Colletrichum gloeosporioides* in coffee plants. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1558-1565, Nov. 2013

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do tratamento de fungicida no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativa* L.) e pimentão (*Capsicum annanum* L.)**. 1991. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991

OREN, Y.; YOGEV, E. Acquired resistance to Phytophthora root rot and brownrot in citrus seedlings induced by potassium phosphite. **Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz**, v. 109, p. 279-285, 2002.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. Em: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, cap. 22, p. 417-453. 1995.

PASCHOLATI, S. F. Fisiologia do parasitismo: como as plantas se defendem dos patógenos. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, cap. 35, p. 593-634. 2011.

REIS, E. M.; LEMES, T. S.; SILVA, J. C.; LIMA, F. S. O. Atividade fungitóxica de fosfito de potássio sobre o isolado de *Sclerotinia rolfisii* da cultura da soja (*Glycine Max*). **Anais do Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, 2013.

REUVENI, R.; AGAPOV, V.; REUVENI, M. Foliar spray of phosphates induces growth increase and system resistance to *Pucciniasorghii* in maize. **Plant Pathology**, Oxford, v. 43, n. 2, p. 245-250, abr. 1994.

RIBEIRO JUNIOR, P. M.; *et al.* Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticilium dahliae* em mudas de cacaueiro. **Ciência Agrotécnica**, v. 30, p. 629-636, 2006.

SILVA, O.C.; *et al.* Fontes de fosfito e acibenzolar-Smetílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v.38, n.1, p. 72-77, 2013.

SMILLIE, R.; GRANT, B.R.; GUEST, D. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three Phytophthora spp. **Plants Pathology**, v. 79, p. 921-926, 1989.

TRECENTI, R. Plantio Direto: efeito da palhada no manejo do mofo branco em soja e feijão. **Coluna Sistemas Sustentáveis de Produção**, 2012.

VIEIRA, R. F.; *et al.* Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 770-773, 2001.

VITTI, G. C.; *et al.* Utilização de fosfitos em cana-de-açúcar. Em: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: GAPE-GELQ-ESALQ/USP, p. 17, 2005.

ZAINURI, D.E.; *et al.* Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on anthracnose disease development and ripening of 'Kensington Pride' mango fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 805-813, 2001.