

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

RODOLFO DOS SANTOS MORAES

FOSFITO DE POTÁSSIO NO MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

**Itaqui
2019**

RODOLFO DOS SANTOS MORAES

FOSFITO DE POTÁSSIO NO MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Silva Canuto de Pinho
Coorientadora: Dr^a. Bruna Canabarro Pozzebon

**Itaqui
2019**

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).

M827f Moraes, Rodolfo dos Santos
FOSFITO DE POTÁSSIO NO MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA
DA SOJA / Rodolfo dos Santos Moraes.
29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2019.
"Orientação: Renata Silva Canuto Pinho".

1. Fosfito. 2. Fungicida. 3. Glycine max. 4.
Phakopsora pachyrhizi. I. Título.

RODOLFO DOS SANTOS MORAES

FOSFITO DE POTÁSSIO NO MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 21 de novembro de
2019.

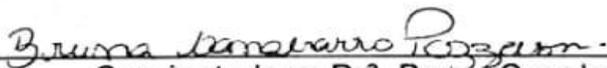
Banca examinadora:



Profª. Drª. Renata Silva Canuto de Pinho

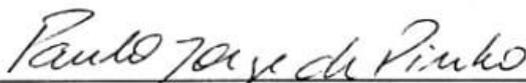
Orientador

Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Coorientadora: Drª. Bruna Canabarro Pozzebon

Curso de Agronomia - UNIPAMPA



Prof. Drº. Paulo Jorge de Pinho

Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Dedico este trabalho primeiramente aos meus pais Alcides Ricardo Dias de Moraes e Carmen Maria Oliveira dos Santos e meu irmão Felipe Santos de Moraes que sempre me auxiliaram e me motivaram em tudo. Aos meus amigos que sempre que precisei de ajuda estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir que eu chegasse até aqui.

À minha mãe Carmen Maria Oliveira dos Santos meu pai Alcides Ricardo Dias de Moraes e meu irmão Felipe Santos de Moraes que sempre me auxiliaram e não mediram esforços para que eu estivesse aqui. À minha namorada Andriély Berro Veppo que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me auxiliando.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Renata Silva Canuto de Pinho, pelo auxílio e orientação durante a realização deste trabalho.

À minha coorientadora: Dr^a. Bruna Canabarro Pozzebon, pelo auxílio durante a realização do trabalho escrito.

Aos demais professores, que durante toda minha graduação não mediram esforços para passar da melhor forma seu conhecimento.

Aos colegas, Alceu Bittencourt Neto, Eduardo Faleiro, Leonardo Inzabralde Selso, Lucas Hailton Soares, Mateus Weis, João Pedro Dani, Guilherme Souza, Ricardo Perlin Pivetta, que de alguma forma me auxiliaram para realização desse projeto.

Ao amigo Tiago Kelm que me auxiliou nas avaliações.

Aos agrônomos da Unipampa Edgar Salis Brasil Neto, Rodrigo Trindade Pinheiro e ao funcionário terceirizado Damião, pelo auxílio na montagem do experimento à campo.

À todas as pessoas que, de uma forma ou outra auxiliaram na execução deste trabalho.

“Querer ser bem sucedido sem trabalhar duro é como querer colher sem plantar”.

David Bly

RESUMO

A Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) causa perdas de até 90% na produção da soja. Os fungicidas são a principal forma de controle da doença, porém têm perdido eficiência nas lavouras. Diante disso, o fosfito de potássio vem sendo utilizado como alternativa para o manejo de doenças de plantas. Sendo assim, com esse estudo objetivou-se avaliar o controle da ferrugem asiática da soja e os incrementos de produtividade, através do uso de duas fontes de fosfitos de potássio. O experimento foi realizado na área experimental da Unipampa/Campus Itaqui, em delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições. Para isso, utilizou-se a cultivar Don Mario 66i68, e foram usadas duas fontes de fosfitos de potássio, um fungicida comercial e uma testemunha como tratamento. Foram realizadas duas aplicações de cada tratamento, a primeira em R2 e a segunda em R5. As avaliações de severidade iniciaram aos sete dias após a primeira aplicação e ocorreram semanalmente, em dez plantas de cada tratamento. Foram avaliados, separadamente, o terço superior, médio e inferior da planta. A partir dos dados de severidade determinou-se a área abaixo da curva de progresso da severidade da doença (AACPSD). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste *F* e as médias agrupadas pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$) no software Sisvar. Não foi observada incidência da doença no terço superior da planta durante as avaliações. No terço médio, verificou-se que o fungicida, foi o mais eficaz na redução da AACPSD, controlando a doença em 78,72%, seguido do Fosfito¹ e Fosfito², que apresentaram percentuais de controle de 55,43 e 49,2%, respectivamente. O mesmo ocorreu no terço inferior, em que o fungicida reduziu 78,58% da doença, seguido do Fosfito¹ e Fosfito², com controle de 44,45 e 52,26%. Em relação à produtividade, o fungicida também apresentou incrementos de 15% , seguido das duas fontes de fosfito, que apresentaram incrementos de 7,2 e 6,97% na produtividade da cultura da soja. Na avaliação do peso de mil grãos de soja, as duas fontes de fosfito e o fungicida apresentaram o mesmo comportamento. O uso de fosfitos de potássio diminuiu a severidade da ferrugem asiática gerando aumentos significativos nos incrementos de produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi* ; controle alternativo; Severidade.

ABSTRACT

Asian Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) causes up to 90% reduction in soybean production. Fungicides are the main form of disease control, but they suffer crop damage. Therefore, the use of potentiometer has been used as an alternative for the management of plant diseases. Thus, this study aimed to evaluate or control Asian soybean rust and research increments using two sources of potassium phosphite. The experiment was carried out in the experimental area of Unipampa / Campus Itaquí, in a randomized block design (DBC) with four treatments and five replications. For this, it was used to cultivate Don Mario 66i68, and two sources of potassium phosphites were used, a commercial fungicide and a control as treatment. Two applications of each treatment were performed, the first in R2 and the second in R5. Severity assessments began at seven days after the first application and occurred weekly in ten plants of each treatment. The upper, middle and lower third of the plant were evaluated separately. From the severity data, the area below the disease severity progress curve (AACPSD) was determined. Data were subjected to analysis of variance by the F test and means grouped by the Scott & Knott test ($P \leq 0.05$) using the Sisvar software. No disease incidence was observed in the upper third of the plant during the evaluations. In the middle third, it was found that fungicide was the most effective in reducing AACPSD, controlling the disease by 78.72%, followed by Phosphite¹ and Phosphite², which showed control percentages of 55.43 and 49.2%, respectively. The same occurred in the lower third, where the fungicide reduced 78.58% of the disease, followed by Phosphite¹ and Phosphite², with control of 44.45 and 52.26%. Regarding yield, the fungicide also showed 15% increments, followed by the two sources of phosphite, which showed increases of 7.2 and 6.97% in soybean crop yield. In evaluating the weight of one thousand soybeans, both sources of phosphite and fungicide showed the same behavior. The use of potassium phosphites decreases the severity of Asian rust leading to significant increases in crop yield increases.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*; alternative control; Severity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação da severidade da ferrugem (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) em função da aplicação dos tratamentos, no terço inferior e médio, na cultura da soja.....	20
Tabela 2 – Avaliação da produtividade (Kg ha ⁻¹) e do peso de 1000 grãos (g) em função da aplicação dos tratamentos para o controle da ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na cultura da soja.....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 A cultura da Soja.....	14
2.2 A ferrugem asiática	15
2.3 Uso de fosfitos no controle de doenças	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO	23
6 REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) está entre as atividades agro econômicas que, nos últimos anos, apresentaram crescimentos expressivos. Inúmeros fatores podem ser atribuídos a essa expansão, como, por exemplo, a criação e estruturação de um mercado internacional sólido; atender o mercado como fonte de proteína substituta das proteínas oriundas de animais; e aumento de tecnologia para viabilizar a expansão dos produtos sojícolas para o restante do mundo (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

A cultura da soja se destaca como uma das mais importantes *commodities* agrícolas brasileira. Na safra 2018/19 obteve produção de 114,843 milhões de toneladas em uma área plantada de 35,822 milhões de hectares, com produtividade média de 3.206 kg ha⁻¹. Nacionalmente, o Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor do grão, com produção de 19,187 milhões de toneladas, cultivados em aproximadamente 5,778 milhões de hectares, tendo produtividade média de 3.321 kg ha⁻¹, ficando atrás apenas do estado Mato Grosso, que produz em torno de 32,455 milhões de toneladas em aproximadamente 9,700 milhões de hectares, apresentando produtividade média de 3.346 kg/ha (CONAB, 2019).

O potencial produtivo da soja pode ser limitado por diversos fatores, como a falta ou o excesso hídrico, a população de plantas, a época de semeadura, a fertilidade do solo, a cultivar escolhida para a região, o ataque de pragas e a incidência de doenças bióticas e abióticas (CASA; REIS, 2004).

Dentre as doenças bióticas, a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow), é uma das mais destrutivas da cultura. A importância econômica dessa doença está relacionada à sua rápida expansão, e pela agressividade do patógeno, podendo causar até 90% de perdas na produtividade. Esse fungo se desenvolve em condições de temperatura variando entre 8 °C e 28 °C, umidade foliar alta e período mínimo de molhamento foliar de seis horas. A infecção inicia no terço inferior das plantas, na face abacial das folhas (GODOY et al., 2016). Após a germinação dos urediniosporos ocorre a formação dos tubos germinativos, apressórios e da hifa de penetração do patógeno, a qual atravessa o estíolo do estômato e continua colonizando células subsidiárias e do mesófilo, formando os haustórios, que são responsáveis pela absorção dos nutrientes das células hospedeiras (HENNING et al., 2014).

Os sintomas da ferrugem asiática da soja são caracterizados por iniciarem no terço inferior da planta com pequenas pontuações (no máximo 1 mm de diâmetro) de cor marrom-claro, que evoluem para manchas angulares. Na face abaxial da folha aparecem as urédias, estruturas reprodutivas do fungo que formam os esporos denominados de uredosporos, tendo como característica a rápida disseminação pelo vento a grandes distancias, podendo incidir de forma explosiva sobre a cultura e causar rápida desfolha (HARTMAN et al., 2015; GODOY et al., 2017).

O principal método de controle da ferrugem asiática utilizado é o químico utilizando-se fungicidas, como os que atuam em mais de um ponto no metabolismo do fungo denominado de multi-sítios, e os que atuam em apenas um ponto do metabolismo denominados de sítio-específico (MCGRATH, 2004). Apesar disso, a doença pode ser manejada pelo controle cultural, que trata-se de manejos como semeadura no início da época indicada, evitando condições ideais para infestação do patógeno, também rotação de cultura feito com gramíneas não hospedeiras do patógeno, eliminação de todas as plantas hospedeiras no período entressafra já que se trata de um fungo biotrófico, manejo populacional do estande de plantas de soja na lavoura sabendo que uma semeadura adensada acaba dificultando a penetração de calda na área de dossel (FIALLOS, 2011). Também pode-se utilizar o controle genético, que é caracterizado pelo uso de cultivares com resistência genética a ferrugem asiática (GODOY et al., 2016).

Devido ao possível desenvolvimento de resistência do patógeno aos princípios ativos, e às conseqüentes perdas que a doença pode causar ao produtor rural, medidas alternativas de controle para a ferrugem asiática da soja são necessárias. Diante disso, os fosfitos, conhecidos como compostos derivados do ácido fosforoso tem a propriedade de estimular a formação de algumas substâncias naturais de autodefesa das plantas, gerando proteção a ataques de fungos, bem como apresentam efeito fungicida, atuando diretamente sobre o patógeno (MENEHETTI et al., 2010). Os fosfitos, utilizados de forma isolada ou em combinação com alguns fungicidas, podem auxiliar na redução da intensidade de doenças causadas por fungos em várias espécies de plantas como, por exemplo, soja (*Glycine max*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*), entre outras grandes culturas (DELIOPOULOS et al., 2010). Estudos utilizando a adubação foliar com fosfito vem aumentando potencialmente em diversas culturas, motivados principalmente pelo controle fitossanitário de doenças que esses produtos podem proporcionar (SILVA et al.,

2013). Em estudos dirigidos por Oliveira et al. (2015), por exemplo, verificou-se que o uso de fosfito de potássio em soja reduziu a severidade da ferrugem.

Diante do exposto, o uso do fosfito no controle de doenças pode ser uma alternativa viável ao produtor rural, pois o custo desse produto é inferior ao custo dos fungicidas utilizados em larga escala para o controle da ferrugem. Além disso, o impacto ambiental também é menor. Considerando tais informações, com esse trabalho objetivou-se avaliar o controle da ferrugem asiática da soja e os incrementos de produtividade, através do uso de duas fontes de fosfitos de potássio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da Soja

No território brasileiro o primeiro relato de cultivo da soja (*Glycine max*) foi no ano 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000; SILVA, 2019). Posteriormente, a sua expansão se deu por imigrantes japoneses que levaram a cultura para São Paulo e somente em 1914, entrou no território do Rio Grande do Sul, estado que mais investiu no cultivo da cultura, trazendo maior número de cultivares e tecnologias dos Estados Unidos, que melhor se adaptavam a região na época (BONETTI, 1981; SILVA, 2019).

A implantação dos programas de melhoramento vegetal da soja no país, induziu ao avanço da cultura para as regiões de baixas latitudes, através do desenvolvimento de cultivares mais tolerantes as condições dessas regiões, como por exemplo, a incorporação de genes que atrasam o florescimento mesmo com as condições de fotoperíodo indutor (KIIHL; GARCIA, 1989; FREITAS, 2011).

A cultura da soja é de grande importância em diversos âmbitos, desde o econômico até o social, gerando emprego e renda para muitas famílias. O Brasil, na última safra produziu cerca 114,843 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2019), ocupando o ranking de segundo maior produtor de soja do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos, que produziu cerca de 123,664 milhões de toneladas (USDA, 2019). Nacionalmente, os maiores produtores do grão, em ordem decrescente são: Mato Grosso, com produção de 32,455 milhões de toneladas; Rio Grande do Sul, com produção de 19,187 milhões de toneladas; Paraná, com produção de 16,253 milhões de toneladas; e Goiás, com produção de 11,437 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

O consumo interno de soja em grão no Brasil é de aproximadamente 44 milhões de toneladas (CONAB, 2019), e a exportação de grãos é de aproximadamente de 83,6 milhões de toneladas, gerando em valores, cerca U\$ 33,2 bilhões. Além disso, outros derivados do grão, como o farelo e o óleo de soja, chegam a 16,9 e 1,4 milhões de toneladas exportadas, respectivamente (AGROSTAT, 2018).

Para que a cultura da soja expresse seu potencial produtivo nas lavouras é necessário que todos os possíveis fatores limitantes ao seu cultivo sejam minimizados, e que continuamente, produtores invistam em inovações tecnológicas no sistema, visando a máxima produtividade (THOMAS; COSTA, 2010).

2.2 A Ferrugem Asiática – *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow

Dentre os principais fatores que acometem a produção de soja, estão as doenças causadas por fitopatógenos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides. A ferrugem asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow), chega a causar perdas de 10 a 90% da produção (HENNING et al., 2014).

A doença foi relatada pela primeira vez no Japão, em 1902 (HENNING, 1903), e em 1914 já tinha se disseminado em diversos países da Ásia. Já no Continente Africano, a ferrugem foi relatada apenas na década de 90 (LEVY, 2005).

Segundo Godoy et al. (2017), a doença se destaca como a mais severa na cultura da soja. Seus primeiros relatos de ocorrência no Brasil e Paraguai são da safra de 2001, onde tomou expansão rapidamente, tornando-se importante para todas as regiões sojeiras do país (AKAMATSU, 2012).

O patógeno se desenvolve em condições de ideais de umidade, molhamento foliar mínimo de seis horas, e temperatura variando entre 8 °C e 28 °C, e apresenta alta capacidade de sobrevivência em hospedeiros alternativos. Por isso, uma das medidas preventivas de controle é a adoção do vazio sanitário, com período mínimo de 60 dias sem nenhuma soja viva no campo durante a entressafra, visando a diminuição da quantidade de inóculo inicial do patógeno durante a entressafra em consequência da ausência de hospedeiro principal (GODOY et al., 2017).

A intensidade da ferrugem asiática da soja é diretamente influenciada e correlacionada pela frequência de chuvas ao longo de todo ciclo da cultura, e a disseminação a longas distâncias do patógeno se dá pelo vento (GALLOTI et al., 2006; GODOY et al., 2017).

O manejo da ferrugem, desde seu surgimento, tem sido realizado basicamente por defensivos químicos, principalmente triazóis e estrobilurinas (PINHEIRO, 2007). Também podem ser utilizadas cultivares precoces, semeadas no início do período recomendado para cada região, juntamente com redução do período destinado a semeadura, o monitoramento diário das lavouras, a eliminação de plantas de soja voluntárias e a ausência de cultivo de soja na entressafra (vazio sanitário) (GODOY et al., 2017). Existe também o manejo genético com cultivares resistentes à ferrugem asiática, que estão no mercado desde 2009. Porém, mesmo com essa tecnologia disponível, ainda se recomenda a aplicação de fungicidas para diminuir a infestação do patógeno e evitar pressão de seleção (GODOY et al., 2016).

Além disso, o manejo da ferrugem asiática tem grande influência nos custos finais das lavouras, e quando mal realizado, pode reduzir a margem de lucro dos produtores (JACCOUD FILHO; MONFERDINI, 2006). No país estima-se que o custo médio para controle gerado pela doença por safra seja de US\$ 2 bilhões (EMBRAPA, 2017).

2.3 Uso de fosfitos no controle de doenças

Os fosfitos são fertilizantes foliares, provenientes da neutralização do ácido fosforoso H_3PO_3 por uma base hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou hidróxido de amônio, sendo o mais utilizado o hidróxido de potássio no formato de fosfito de potássio (DALIO et al., 2012). Uma das principais vantagens no uso do fosfito é sua rápida absorção pelas plantas, tendo um menor consumo de energia, auxiliando na absorção de cálcio (Ca), boro (B), zinco (Zn), manganês (Mn), molibdênio (Mo), potássio (K), e controlando e/ou prevenindo doenças fúngicas, pela ativação de mecanismos resistência da planta, ou por toxidez direta ao patógeno (DALIO et al., 2012).

Todas as plantas carregam potencial de reação às agressões dos patógenos, através da interação das moléculas elicitoras ou indutoras com as proteínas da membrana da célula vegetal que desencadeiam a resposta de defesa, as quais se associam com reações bioquímicas e fisiológicas promovendo a indução de resistência (DIAS; RANGEL, 2007).

Nas plantas, a resistência sistêmica adquirida (SAR) é o nome dado a uma resposta geral de resistência. Essas respostas estão associadas às reações bioquímicas e fisiológicas, as quais promovem a defesa vegetal, sendo denominada de indução de resistência. Sua ativação é induzida por eliciadores abióticos onde a sinalização é mediada pelo ácido salicílico e ocorrem o acúmulo de proteínas relacionadas à patogênese (PRs), síntese de fitoalexinas e a resposta de hipersensibilidade (HR) (BARROS et al., 2010).

Em um estudo realizado por Melo et al. (2017), em cotilédones de soja e mesocótilo de sorgo, aplicações de fosfito de potássio, resultaram na indução do acúmulo de fitoalexinas. Nesse estudo, quanto maior foi a dose do produto, maior foi a concentração de fitoalexinas em ambas as culturas. Costa et al. (2017), também verificaram que o uso de fosfito de potássio induziu respostas de defesa no feijoeiro,

através do aumento da atividade enzimática da quitinase, β -1,3 glucanase e peroxidase.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa - Unipampa/Campus Itaqui, localizada no município de Itaqui/RS, a 29° 09' 09" de latitude Sul e 56° 33' 03" de longitude oeste 64 m de altitude e em solo classificado como Plintossolo argilúvico distrófico de textura média (EMBRAPA, 2013).

Para a execução deste trabalho foi utilizada a cultivar de soja DM 66i68, classificada como moderadamente tolerante ao alagamento, indicada para a área de várzea e não resistente a ferrugem asiática.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e cinco repetições. As parcelas mediram 7,5 m de comprimento e 2,5 m de largura, totalizando 18,75 m².

Os tratamentos consistiram de duas fontes de fosfitos, um fungicida comercial e uma testemunha, sendo dispostos da seguinte maneira: Fosfito de potássio Reforce[®] (Fósforo P₂O₅ 350,0 g L⁻¹, Potássio 256,0 g L⁻¹), Fosfito de potássio Yantra[®] (Fósforo P₂O₅ 510,7 g L⁻¹, Potássio 440,8 g L⁻¹), Fungicida (FUNG) (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹, Protiocanazol 175 g L⁻¹), Testemunha (TEST) (sem aplicação). Foram realizadas duas aplicações dos respectivos tratamentos, sendo a primeira no estágio fenológico R2, e a segunda do estágio R5.

A semeadura foi realizada no dia de 25 de novembro de 2018, com o espaçamento de 50 cm e densidade de 14 sementes por metro, com stand de 280.000 plantas ha⁻¹. A adubação foi feita juntamente com a semeadura de acordo, seguindo as recomendações técnicas para o estado do Rio Grande do Sul (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal, com volume de calda de 1,5 L ha⁻¹ de fosfito de potássio e 0,6 L ha⁻¹ de fungicida Trifloxistrobina 150 g L⁻¹, Protiocanazol 175 g L⁻¹, seguindo as recomendações dos fabricantes.

As avaliações da severidade da ferrugem foram realizadas semanalmente, após o surgimento dos primeiros sintomas, em 10 plantas centrais de cada parcela, avaliando o terço superior, médio e inferior de cada uma, até a senescência da planta, de acordo com a escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006). No final do ciclo da cultura, avaliou-se a produtividade e peso de 1000 grãos.

Com os dados de severidade da ferrugem asiática da soja foi calculada a área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD) conforme a formula proposta por Shaner e Finney (1977) descrita a seguir.

AACPD =

Onde:

n é o número de avaliações;

y a intensidade de doenças;

t o tempo quando da avaliação da intensidade da doença;

i e i+1 representam as observações de 1 a n.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo *teste F* e as médias agrupadas pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$). As análises foram realizadas no *software* SISVAR, versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada ocorrência da doença no terço superior da planta durante as avaliações de severidade. Na avaliação do terço médio das plantas, foi possível verificar que o tratamento FUNG, foi o mais eficaz na redução da AACPSD, diferindo dos demais tratamentos. Esse tratamento controlou a doença em 78,72%, seguido do tratamento com Reforce® e Yantra® que apresentaram percentuais de controle de 55,43 e 49,2%, respectivamente, sendo superiores a testemunha. O mesmo ocorreu na avaliação da severidade no terço inferior planta, em que verificou-se que o fungicida apresentou redução da AACPSD de 78,58%, sendo o mais eficaz, seguido pelos tratamentos com Reforce® e Yantra®, que reduziram em 44,45 e 52,26% a AACPSD (Tabela 1).

TABELA 1. Avaliação da severidade da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) em função da aplicação dos tratamentos, no terço inferior e médio, na cultura da soja.

TRATAMENTOS	TERÇO MÉDIO	TERÇO INFERIOR
Reforce® (350,0 g L ⁻¹ de P2O5 256,0 g L ⁻¹ de K)	30,31 b	112,68 b
Yantra® (510,7 g L ⁻¹ de P2O5 440,8 g L ⁻¹ de K)	34,55 b	96,83 b
Trifloxistrobina + Protiocozazol (FUNG)	14,49 a	43,45 a
Testemunha (TEST)	68,01 c	202,86 c
CV (%)	30,35	20,70

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$).

Fonte: Moraes R.S.(2019)

Os dados obtidos no presente estudo corroboram com os obtidos por Santos et al. (2011), que demonstraram o efeito do fosfito de potássio na redução da severidade de ferrugem asiática. Neves e Blum (2014), em um estudo utilizando fosfitos para manejo da ferrugem asiática da soja, obtiveram controle variando de 0,7 a 3,5% comparados com a testemunha no início do desenvolvimento da doença. Em estudos conduzidos por Carvalho (2012), a maior eficácia de controle da ferrugem da soja foi obtida pela aplicação de fungicida, ou com a associação de fungicida com indutores de resistência.

Possivelmente, essa diminuição da severidade ocasionada pelos fosfitos está relacionada com a ativação dos mecanismos de defesa da planta contra o patógeno, haja vista que os fosfitos apresentam potencial de intensificar a síntese de ácido ascórbico, fitoalexinas, compostos fenólicos e lignina que interferem na incidência e desenvolvimento do fungo nas plantas (ÁVILA, 2009; MOOR et al., 2009). Além disso, os fosfitos atuam diretamente e indiretamente sobre a doença, diretamente inibindo o desenvolvimento do patógeno e, indiretamente quando induzem a resistência da planta (MOREIRA et al., 2009).

Em relação à produtividade, o tratamento com fungicida (FUNG) também apresentou os maiores incrementos, aumentando em 15% a produtividade de soja em quilogramas por hectare em relação à testemunha. Os tratamentos com Reforce® e Yantra® não diferiram entre si, mas foram superiores à testemunha, apresentando incrementos de 7,2 e 6,97% na produtividade da cultura da soja (Tabela 2).

Na avaliação do peso de mil grãos de soja, foi possível observar que os tratamentos com Reforce®, Yantra® e fungicida não diferenciaram entre si, sendo os mais eficazes e apresentando incrementos de 2,7, 2,17 e 3,8%, respectivamente, quando comparados com a testemunha, que apresentou o menor para a variável peso de mil grãos (Tabela 2).

Tabela 2 - Avaliação da produtividade ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e do peso de 1000 grãos (g) em função da aplicação dos tratamentos para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja.

TRATAMENTOS	PRODUTIVIDADE (Kg ha^{-1})	PESO DE MIL GRÃOS (g)
Reforce® (350,0 g L ⁻¹ de P2O5 256,0 g L ⁻¹ de K)	2858,00 b	189 a
Yantra® (510,7 g L ⁻¹ de P2O5 440,8 g L ⁻¹ de K)	2852,00 b	188 a
Trifloxistrobina + Protioconazol (FUNG)	3068,00 a	191 a
Testemunha (TEST)	2666,00 c	184 b
CV (%)	2,92	0,89

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott ($P \leq 0,05$).

Fonte: Moraes, R.S. (2019).

Na literatura são encontrados vários trabalhos que demonstram que a utilização de fosfito via foliar pode aumentar a produtividade de culturas. Resultados similares foram encontrados por Santos et al. (2011), que constataram que o tratamento com fosfitos e fungicidas, isolados ou associados, promovem o controle de doenças e incrementos na produtividade, na cultura do trigo. Grigolo (2017) também verificou que o uso de fosfitos aumentou o peso de mil grãos (PMg) na cultura da soja. Silva et al. (2013), também encontraram diferenças no peso de mil grãos e na produtividade da soja através do uso de fosfito aplicado de forma isolada ou associado a fungicidas.

Esse aumento na produtividade e/ou no peso de grãos pode ocorrer pelo suprimento de nutrientes, e devido à redução da severidade das doenças, desencadeado pelo efeito protetor da adubação foliar com fosfito (THAO; YAMAKAWA, 2009). Com isso, a maior produtividade e peso de mil grãos nos tratamentos com fungicida e nos com fosfitos podem ser explicados pelo menor índice de severidade, e porque possivelmente, os fosfitos atuaram como fonte de nutrientes, disponibilizando os macronutrientes como o potássio para a planta (NOZAKI E KLIEMANN, 2016). Além disso, uso de fungicidas acarreta em controle mais efetivo da ferrugem, mantendo a área foliar saudável por mais tempo, e conseqüentemente, tendo incrementos positivos no rendimento final da cultura (Barro et al., 2017).

O tratamento TEST (testemunha) apresentou a menor produtividade (Tabela 2). Isso pode ser explicado pelo maior nível de severidade da ferrugem asiática sobre as plantas, o que corroborou para a diminuição do processo fotossintético e aumento da respiração. Também pode ter ocorrido a interrupção da absorção e da translocação de nutrientes no interior da planta (TRIGIANO et al., 2010).

5 CONCLUSÃO

O uso de fosfitos de potássio diminui a severidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) gerando aumentos significativos nos incrementos de produtividade da cultura.

6 REFERÊNCIAS

AGROSTAT - **ESTATÍSTICAS DE COMERCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**. Disponível em:

<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em 20 outubro de 2019.

AKAMATSU, H.; YAMANAKA, N.; YAMAOKA, Y.; SOARES, R. M.; MOREL, W.; IVANCOVICH, A. J. G.; BOGADO, A. N.; KATO, M.; YORINORI, J. T.; SUENAGA, K. Pathogenic diversity of soybean rust in Argentina, Brazil, and Paraguay. **Journal of General Plant Pathology**, Londrina, v. 79, p. 28- 40, jan. 2013.

ÁVILA, F. W. **Fosfito no crescimento, nutrição fosfatada e aspectos da indução de resistência em milho**. Lavras: UFLA, 2009.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.1-18.

BARRO, J.P.; FORTE, C.T.; TRENTIN, D.; SCARIOT, M.; MILANESI, P.M. Effectiveness of different fungicide formulations and number of applications in controlling wheat leaf rust. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.43, n.4, p.276-280, 2017.

BRUM, A. J. **Modernização da agricultura: trigo e soja**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1988. 200p.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In : MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas : ITAL, 1981. p. 1-6.

CARVALHO, B. O. **Fungicida e ativador de defesa no controle da ferrugem asiática, na produção e na qualidade das sementes de soja**. Lavras: UFLA, 2012.

CASA, R.T.; REIS, E.M. Doenças relacionadas à germinação, emergência e estabelecimento de plântulas de soja em semeadura direta. In: REIS, E.M. **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. 128p.

CONAB - **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 20 outubro de 2019.

CUNHA, E. A.; BONALDO, S. M. Eficiência de fungicidas no controle de ferrugem da folha na cultura do trigo. **Campo Digital**, v. 1, n. 2, p. 72-78, 2008.

COSTA, B. H. G.; RESENDE, M. L. V.; MONTEIRO, A. C. A.; JÚNIOR, P. M. R.; BOTELHO, D. M. S.; SILVA, B. M. Potassium phosphites in the protection of common bean plants against anthracnose and biochemical defence responses. **Journal of phytopathology**, Ithaca, v. 166, n. 2, p. 95-102, 2017.

DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P.S.; HARE, M.C. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. **Crop Protection**, v.29, n. 10, p.1059-1075, 2010.

DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causada por *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais. **Fitopatologia brasileira** v.4, n.1, p.337-339, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Vazio sanitário da soja começa amanhã em cinco estados. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24155475/vaziosanitario-da-soja-comeca-amanha-em-cinco-estados>>. Acesso em: 05 novembro 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

FREITAS, M. C. M. de. A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 12, Mai 2011.

FIALLOS, F. R. G. A ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. **Ciencia y Tecnología**. Garcés, v. 4, n. 2, p. 45-60, 2011.

GALLOTI, G. J. M., A. A. BALBINOT JR., E R. L. BACKES. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n. 2, p.87-93, 2006.

GODOY, C.V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; ADEGAS, F. S. **Boas práticas para o enfrentamento da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa soja, 2017. 6p.

GODOY, C.V. et al. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p.407-421, 2016.

GODOY, C. V. et al. **Manual de Fitopatologia, doenças das plantas cultivadas**. Ouro Fino, Agronômica Ceres, 2016.

GRIGOLO, D.C. **Estratégias de manejo químico da ferrugem asiática e do míldio na soja e seu efeito no desempenho da cultura e na indução de resistência**.

Dois Vizinhos: UTFPR, 2017. Disponível em:

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4343/1/DV_PPGBSIS_M_Grizolo%2c%20Daniel%20Cl%3%a1udio_2017.pdf>. Acesso em 04 nov. 2019, 15:30:30.

HARTMAN, G.L.; SIKORA, E.J.; RUPE, J.C. Rust. In: HARTMAN, G.L.; RUPE, J.C.; G.L.; SIKORA, E.J.; DOMIER, L.L.; DAVIS, J.A.; STEFFEY, K.L. Compendium of soybean diseases. **APS Press**, São Paulo, v. 5, p. 56-59, 2015.

HENNINGS, V. P. 1903. A few new Japanese Uredinaceae. **Hedwigia**, p.107-108, 1903.

HENNING, A.A.; ALMEIDA, A.M.R.; GODOY, C.V.; SEIXAS, C.D.S.; YORINORI, J.T.; COSTAMILAN, L.M.; FERREIRA, L.P.; MEYER, M.C.; SOARES, R.M.; DIAS, W.P. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 1989, Buenos Aires. **Proceedings**. Buenos Aires: AASOJA, 1989. v.2, p.994-1000.

LEVY, C. Epidemiology and chemical control of soybean rust in southern Africa. **Plant disease**, São Paulo, v. 89, n. 6, p. 669-674, 2005.

JACCOUD FILHO, D.S.; MONFERDINI, M. A. **Avaliação da eficiência de Stimulate e Phytogard Zn como indutores de resistência de plantas a ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja (*Glycine max L.*)**. Londrina : Embrapa Soja, 2006.

JACKSON, T.J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G.E. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 49, n. 1, p. 147-154, 2000.

MCGRATH, M.T. **What are fungicides? The Plant Health Instructor**, 2004.

Disponível em:

<<https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Pages/Fungicides.aspx>>.

Acesso em 04 nov. 2019.

MELO, T. A.; ARAÚJO, M. U. P.; SERRA, I. M. R. S.; PASCHOLATI, S. F. Produtos naturais disponíveis comercialmente induzem o acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de soja e mesocótilos de sorgo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 3, p. 205-211, 2017.

MENEGHETTI, R.C.; BALARDIN, R.S.; CORTE, G.D.; FAVERA, D.D.; DEBONA, D. Avaliação da ativação de defesa em soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em condições controladas. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.34, n. 4, p.823-829, 2010.

MOREIRA, L.M.; May-De Mio, L.L. Controle da podridão parda do pessegueiro com fungicidas e fosfitos avaliados em pré e pós-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 405-411, 2009.

MOOR, U.; PÖLDMA, P.; TÕNUTARE, T.; KARP, K.; STARAST, M.; VOOL, E. Effect of phosphite fertilization on growth, yield and fruit composition of strawberries. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 264-269, 2009.

NEVES, J.S.; BLUM, L.E.B. Influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja. **Revista Caatinga**, Cascavel, v. 27, n. 1, p. 75–82, 2014.

NOZAKI, M.H; KLIEMANN, O.A. Avaliação do uso de fosfito no controle da antracnose em feijoeiro comum. **Revista Agrarian**, Dourados, v.9, n.31, p 19-25, 2016.

OLIVEIRA G. M.; PEREIRA D. D.; CAMARGO L.C.; SAAB O. G. Fosfito e silicato de potássio no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 60-65, 2015.

PINHEIRO, J. B. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) com nutrientes e fungicidas e a influência da nutrição mineral na**

distribuição espacial e reprodução do nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). Lavras: UFLA, 2007.

SANTOS, H. A. A.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C.; MAY DE MIO, L. L. Controle de doenças do trigo com fosfitos e acibenzolar-s-metil isoladamente ou associados a piraclostrobina + epoxiconazole. *Semina. Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 433-442, 2011.

SHANER, G.; FINNEY, R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, Marcos. **PRINCIPAIS DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill).** Rio Verde: IFF, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/537/1/tcc_Marcus%20Sidr%c3%b4nio%20Lima%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 05 de nov. 2019, 14:12:00.

SILVA, O. C.; SANTOS, A.A.; DESCHAMPS. C.; PRIA, M.D. Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. *Tropical Plant Pathology*, v.38, p.72-77, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Comissão de Química de Fertilidade do solo: Porto Alegre, 10 ed. 2004. 400p.

THAO, H.T.B.; YAMAKAWA, T. Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator?. *Soil Science Plant Nutrition*, Tokyo, v. 55, n. 2, p. 228-234, 2009.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Soja: Manejo para alta produtividade de grãos.** Porto Alegre: Evangraf, 2010. 248p.

USDA - **DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS.** Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em 20 outubro de 2019.