

EFEITO DE INTERVALOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA SEVERIDADE DE *PHAKOPSORA PACHYRIZI* NA CULTURA DA SOJA¹

Rafael Portela Zanatta²
João Americo Wordell Filho³

RESUMO

A ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrizi*, é a principal doença que acomete a cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) no Brasil e no mundo. Ela afeta todas as partes da planta e pode ocorrer do início ao fim do ciclo, com preferência para os estádios reprodutivos. Assim sendo, o presente trabalho objetivou testar diferentes intervalos de aplicação de fungicida sobre a severidade da doença. O experimento foi conduzido em Nonoai, Rio Grande do Sul, na propriedade da família, sob delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições. A cultivar utilizada foi a Don Mario 57i52 de grau de maturação 5.7, adaptada a região sul do Brasil. A mistura de fungicidas utilizados foi: Elatus[®] [(azoxistrobina (300g/kg), benzovindiflupir (150g/kg)] na dose de 0,2 kg/ha; Cypress[®] [(difeconazol (250g/L), ciproconazol (150g/L)] na dose de 0,3 L/ha; Bravonil[®] (clorotalonil (500 g/L) na dose de 2 L/ha; TA-35 GOLD[®] (adjuvante + óleo metilado de soja) na dose de 0,150 L/ha, utilizando cinco intervalos de aplicação: 7, 14, 21, 28 e 35 dias, tendo início no estágio V6. As avaliações da ferrugem asiática foram feitas quinzenalmente, utilizando a escala diagramática de Godoy (2020). Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável rendimento de grãos e que a severidade da doença apenas se diferenciou entre os estádios de R5.3 e R5.6. Embora não tenha sido possível verificar diferença de rendimento entre os tratamentos, provavelmente devido ao clima seco que acometeu o período de condução do experimento, pode-se verificar uma diminuição na severidade da doença com o aumento do número de aplicações do fungicida, devido aos dados estatísticos.

Palavras-chave: Fungo. Soja. Tratamento.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma planta herbácea incluída na classe Magnoliopsida, da ordem Fabales e da família Fabaceae. Esta plantateve sua origem no território asiático, mais precisamente, na região da China. Sua evolução iniciou na China antiga a partir dos cruzamentos naturais de duas espécies de plantas selvagens. Posteriormente, o cultivo de soja expandiu para a Europa, América do Norte e América do Sul (OLIVEIRA, 2019). Atualmente, os países que mais produzem estes grãos são Brasil, Estados Unidos e Argentina (OLIVEIRA, 2019). No Brasil, o cultivo de soja é a principal base lucrativa da agricultura, com

¹ Pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

² UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Engenharia Agrônômica. E-mail: rafaelzanatta1@outlook.com.

³ UCEFF Faculdades. Dr. em fitopatologia. E-mail: wordell@epagri.sc.gov.br.

uma produção entorno de 135,409 milhões de toneladas na safra 2020/21, gerando um faturamento de R\$ 169,1 bilhões (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

Visando atingir rendimentos cada vez maiores faz-se necessário oferecer condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Isso depende da interação entre ambiente, genótipo e o manejo implementado (CARDOSO *et al.*, 2018), de maneira que uma das formas de condicionar esse equilíbrio é a realização do controle fitossanitário da cultura.

Um dos fatores que interferem nesse balanço é a presença de fitopatógenos de difícil controle, dentre eles o fungo *Phakopsora pachyrhizi* que é agente etiológico da ferrugem asiática da soja (YORINORI, 2002).

De acordo com Godoy *et al.* (2007), a ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow, é uma doença severa e atualmente possui maior importância para a cultura. O agente etiológico que pertence ao filo Basidiomycota, classe Puccinimycetes, ordem Pucciniales e família Phakopsoraceae. *P. pachyrhizi*, é considerado um fungo biotrófico, pois depende de um hospedeiro vivo para sobreviver. Rocha *et al.* (2018) cita que o *P. Pachyrhizi*, no Brasil, causou as primeiras infecções na soja no ano de 2001/2002.

No Brasil, existem vários fatores considerados favoráveis para o desenvolvimento desta doença e para a disseminação do inoculo. Dentre esses fatores, destacam-se as grandes extensões territoriais de lavouras, o predomínio da monocultura e, principalmente, o clima favorável (OLIVEIRA, 2019). Além disso, pelas altas características reprodutivas como pequenas pústulas circulares facilmente disseminadas e a grande liberação de esporos, a ferrugem asiática da soja acaba se tornando uma epidemia recorrente em todas as safras (MORAES, 2018).

De acordo com Lima (2020), para reduzir o risco de danos à cultura, as estratégias de manejo recomendadas no Brasil para essa doença são: a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada, a eliminação de plantas de soja voluntárias, a ausência de cultivo de soja na entressafra, o monitoramento da lavoura desde o início do desenvolvimento da cultura e a utilização de fungicidas no aparecimento dos sintomas.

O manejo desta doença é feito principalmente com o uso de controle químico (GARDIANO *et al.*, 2020). Desse modo, conhecer o ciclo da doença e suas características se torna fundamental para adoção de medidas eficazes de controle. Assim, é necessário a aplicação de ferramentas corretas, que tenham eficiência para sanar essa necessidade (MORAES, 2018).

Logo, o presente estudo teve como objetivo testar diferentes intervalos de aplicação de fungicida sobre a severidade da ferrugem asiática na cultura da soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é a principal doença que atinge a cultura da soja no Brasil. Foi constatada primeiramente no Japão em 1903 e no Brasil na safra 2000/2001, no estado do Paraná, espalhando-se rapidamente para regiões produtoras de soja por todo País. Isso ocorreu em função da eficiente disseminação pelo vento, de sua rápida expansão e virulência (CAMARGOS, 2017).

Paralelamente, foi identificada pela primeira vez no Continente americano, em março de 2001, na localidade de Pirapó (Itapuá), Paraguai, pelo pesquisador Engenheiro-agrônomo Wilfrido Maroel Paiva. Posteriormente, levantamentos realizados no período de 23 a 28 de maio de 2001, mostraram que a doença estava amplamente disseminada no Paraguai e no oeste e norte do Paraná (LAZZAROTTO, 2004).

De acordo com Lazzarotto (2004), na safra 2001/2002, a ferrugem foi constatada nos estados do RS, PR, SP, MS, GO, MG e MT, atingindo cerca de 60% da área brasileira de soja. No que se refere aos municípios mais atingidos do Rio Grande do Sul, pode-se destacar Passo Fundo, Cruz Alta e Ciríaco, com perdas de produtividade entre 30 a 90%. Segundo Furlan (2004), no Brasil, a ferrugem asiática foi relatada causando danos à cultura, pela primeira vez, na safra de 2001/2002, no estado do Paraná, vinda do Paraguai (CARVALHO JÚNIOR; FIGUEREDO, 2000).

No Brasil, com base em relatos, levantamentos de perdas e comparações com dados de áreas colhidas e de produção, a ferrugem causou perdas de produtividade estimadas em 569,2 mil toneladas, o equivalente a US\$ 125,5 milhões (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013). Segundo a EMBRAPA (2020), essa doença possui um custo médio de US\$ 2,8 bilhões por safra no País.

De acordo com o Consórcio Antiferrugem (2021), devido a sua alta virulência, a ferrugem asiática da soja é uma das doenças de maior importância no hemisfério oriental do planeta. Perdas de até 40% têm sido relatadas no Japão; de 10% a 50% no Sul da China; 10% a 40% na Tailândia e de 23% a 90% em Taiwan (ANDRADE; ANDRADE, 2002). No Brasil, esta doença foi detectada em 2001 e, desde a safra agrícola de 2003/2004, tem sido constatada em todas as regiões produtoras de soja, exceto em Roraima. As perdas causadas na produção

de soja brasileira, até a safra 2006/2007, são da ordem de 14 milhões de toneladas de grãos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

Em relação à safra 2005/2006, a ferrugem asiática da soja, causou prejuízos acumulados em cerca de US\$ 8 bilhões, desde seu aparecimento pela primeira vez em 2001, firmando-se como o principal problema da safra e ocorrendo em todo país, atingindo uma área de 22 milhões de hectares (CAMARGOS, 2017).

Segundo a EMBRAPA (2020), nas primeiras aparições dessa doença, estima-se que acima de 60% da área de soja do Brasil foi atingida pela ferrugem na safra 2001/02, resultando em perdas de 112.000 toneladas ou US\$ 24,70 milhões.

2.1 SINTOMATOLOGIA

Os sintomas da doença são particularmente evidentes nas folhas inferiores da planta, sendo caracterizados por minúsculos pontos (1 a 2 mm de diâmetro). Posteriormente podem progredir para os demais órgãos da planta, evoluindo desde urédias isoladas às áreas com pronunciada coalescência, provocando amarelecimento e prematura abscisão foliar. Os sintomas são agrupados em lesões de coloração bronzeada, com duas a cinco urédias de esporulação abundante ou formando lesões pardo-avermelhadas. Para melhor visualização, deve-se tomar uma folha suspeita e observá-la, pela página superior, contra um fundo claro (NAVARINI, *et al.*, 2007).

2.2 EPIDEMIOLOGIA

O processo infeccioso se inicia quando os uredósporos germinam e produzem um tubo germinativo que cresce através da superfície da folha até se formar um apressório. A penetração ocorre diretamente através da epiderme. As urédias podem se desenvolver de 5 a 10 dias após a infecção e os esporos do fungo podem ser produzidos por até 3 semanas (ALMEIDA *et al.*, 1997). Em relação à temperatura para a germinação dos uredósporos, essa pode variar entre 8°C a 30°C, sendo a temperatura ótima próxima de 20°C. Porém, sob alta umidade relativa do ar, a temperatura ideal para a infecção situa-se ao redor de 18°C a 21°C (ALMEIDA *et al.*, 1997).

Nesta faixa de temperatura, a infecção ocorre em 6,5 horas após a penetração, mas são necessárias 16 horas de umidade relativa elevada para que a infecção se realize plenamente. Por isso, temperaturas noturnas amenas e presença de água na superfície das folhas, tanto na forma

de orvalho como precipitações bem distribuídas ao longo da safra, favorecem o desenvolvimento da doença (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2021).

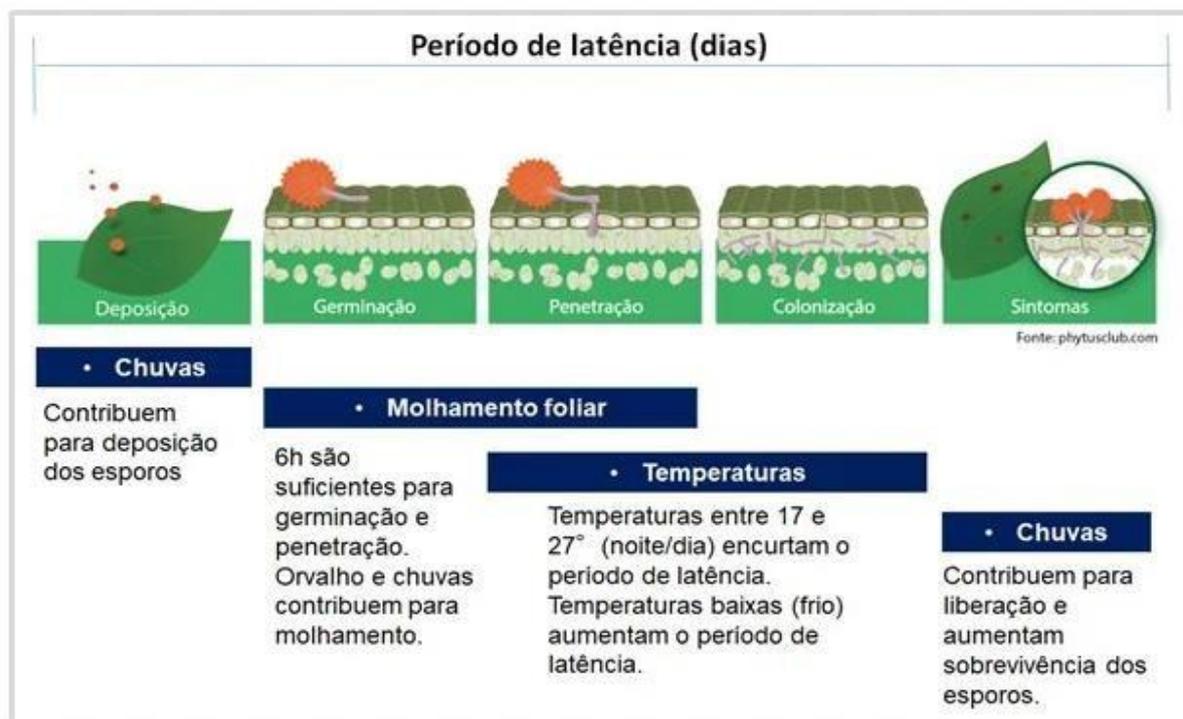
O vento é a principal forma de disseminação desse patógeno, que só sobrevive e se multiplica em plantas vivas, para lavouras próximas ou a longas distâncias. Desta forma, outro fator que agrava o seu estabelecimento no Brasil é a existência de outras plantas hospedeiras, constituídas por 95 espécies de 42 gêneros de Fabaceae (NUNES, 2021), além da falta de um vazão sanitário próprio para todos os estados.

De acordo com Medeiros (2009), a doença não é transmitida por semente. O fungo causador da ferrugem é parasita obrigatório ou biotrófico, porque vive apenas em hospedeiros vivos. Portanto, para sobreviver, depende de hospedeiros alternativos ou da própria soja, através das plantas voluntárias que nascem a partir de grãos perdidos na colheita.

O molhamento foliar contínuo, promovido por orvalho ou pela chuva, sob condições ótimas de temperatura (18°C a 26,5°C) favorece o rápido desenvolvimento da doença (MELCHING *et al.*, 1979), sendo a precipitação considerada o fator mais importante no progresso da doença, nas condições de campo (TSCHANZ, 1982; DEL PONTE *et al.*, 2006).

As temperaturas terão grande efeito sobre o período de latência do fungo (desde a deposição do esporo na folha até a esporulação) (Figura 1). Temperaturas mais baixas tendem a aumentar esse período. Assim, o fungo demora mais tempo para esporular, fazendo com que a taxa de progresso da doença seja menor (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2019).

Figura 1 - Fases do processo de infecção por *Phakopsora pachyrhizi* em soja e as influências dos fatores climáticos



Fonte: Notícias Agrícolas (2019).

2.3 CONTROLE QUÍMICO

No Brasil, a aplicação de fungicidas para controle da ferrugem asiática teve início na safra 2002/2003, com produtos formulados por fungicidas do grupo químico triazol (IDM), estrobirulina (IQe) e misturas compostas desses dois grupos (MOURA, 2018). Atualmente, dos 48 fungicidas indicados para ferrugem asiática da soja, com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2002), 62,5% apresentam IDM em sua composição, 62,5% IQe e 19,0% contém carboxamidas (ISDH) em misturas de ingredientes ativos de diferentes grupos químicos (AGROFIT, 2020).

A mistura de fungicidas, de forma geral, apresenta melhor eficiência de controle e maior rendimento da cultura quando comparada com fungicidas isolados (GRUPO CULTIVAR, 2018). Conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2002), as misturas com triazóis + estrobirulinas e combinações com carboxamidas, conferem os melhores resultados de controle da doença (ANDRADE; ANDRADE, 2002). Atualmente, o controle químico é considerado a ferramenta mais importante para o controle da ferrugem asiática da soja (MAPA, 2002). As aplicações com fungicidas aumentaram consideravelmente, tornando-

se cada vez mais necessárias. Dentre os critérios para o uso de fungicidas, por vários anos, a pesquisa busca as melhores respostas de controle entre florescimento, formação do grão, início e meio da granação (CAMARGOS, 2017).

Inibidores da desmetilação (IDM, triazóis), inibidores de quinona externa (IQe, estrobilurinas) e inibidores da enzima succinato desidrogenase (ISDH, carboxamidas) destacam-se entre os principais sítio-específicos usados no controle da ferrugem asiática (GODOY *et al.*, 2020).

Segundo Nascimento *et al.* (2012), os triazóis e as estrobirulinas são os ingredientes ativos mais utilizados atualmente para controle da ferrugem da soja. Os triazóis atuam na inibição da biossíntese do ergosterol, pela inativação do processo da demetilação do lanosterol do patógeno e apresenta ação protetora curativa. Já as estrobirulinas atuam através da inibição da respiração mitocondrial do patógeno.

No Brasil, a média estimada do número de aplicações por hectare para controle da ferrugem na safra 2006/07 foi de 2,3 em uma safra em que as condições climáticas foram, de maneira geral, favoráveis às epidemias. No entanto, a culturada soja nessa safra atingiu uma produtividade de 2.822 kg/ha, mostrando um eficiente controle da doença nas principais regiões produtoras (CONAB, 2013).

Os fungicidas aplicados de forma preventiva têm se destacado como a estratégia mais eficaz no controle desta doença. Maior período residual e melhor desempenho dos fungicidas foram observados antes do fungo aparecer na cultura da soja. Da mesma forma, estudos comprovam que o rendimento da produção aumentou em até 100% quando o controle da doença foi realizado preventivamente (KLEIN, 2018).

De acordo com Godoy *et al.*, (2020), os fungicidas multissítios afetam diferentes pontos metabólicos do fungo e apresentam baixo risco de resistência, tendo um papel importante no manejo antirresistência para os fungicidas sítio-específicos. Em razão da menor sensibilidade de fungos aos fungicidas sítio-específicos na cultura da soja, fungicidas multissítios têm sido reavaliados para aumentar as opções de controle da ferrugem asiática da soja.

Segundo Grigolli e Grigolli (2017), os resultados obtidos durante um experimento na safra 2016/17, onde foram avaliadas as associações entre diversos fungicidas sistêmicos com os fungicidas protetores Unizeb Gold® (mancozeb), Difere® (oxicloreto de cobre), Bravonil® (clorotalonil), Antracol® (propineb) e Cypress® (Difenoconazole + Ciproconazole), indicaram que, para a ferrugem asiática da soja, em geral, a associação de fungicidas multissítios incrementou de forma significativa o controle da doença. Entretanto, verificou-se uma interação

entre fungicida sistêmico e fungicida multissítios muito grande, de forma que cada combinação resulta em um controle diferente.

2.3.1 Intervalo de aplicações

Aplicações de fungicida em soja, realizadas de forma calendarizada, iniciando no estágio de florescimento e se repetindo em intervalos de 14 a 21 dias, podem promover uma adequada supressão da doença (GODOY *et al.*, 2009). Segundo Camargos (2017), estudos relatam que em condições severas de epidemia, são necessários de 3 a 5 aplicações em intervalos de 10 a 15 dias com relação ao momento da aplicação.

Os fungicidas de ação protetora, quando necessários, devem ser reaplicados com intervalos de 10 a 15 dias, se as condições climáticas forem favoráveis e se houver elevado potencial de inoculo (EMBRAPA, 2020).

Em períodos de chuva frequente, com a cultura da soja tendo um grande volume de área foliar e boa condição climática para a planta e o patógeno, deve-se realizar intervalos reduzidos, com reaplicações entre, no máximo, 13 e 15 dias, especialmente a partir do período reprodutivo da cultura. No caso de uma situação de estresse hídrico, especialmente no caso da ferrugem, o triângulo da doença acaba sendo prejudicado, podendo-se trabalhar com intervalos mais elásticos, como 17 a 21 dias entre reaplicações (MAIS SOJA, 2020).

Desde 2017, por recomendação do MAPA (2002), os intervalos entre aplicações de fungicidas para controle de ferrugem asiática na soja passaram de 21 para 14 dias. Isto se deve, principalmente, à redução na sensibilidade do fungo aos principais grupos químicos de fungicidas utilizados para controle de ferrugem (GODOY *et al.*, 2009).

De acordo com Guterres (2017), pensando na fisiologia da planta e na capacidade de emissão de novos trifólios, há maior segurança no manejo quando os intervalos ficam em torno de 15 dias. Além disso, no município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul, na safra 2016/17, comparando dois intervalos de aplicação de fungicida em um programa de controle, com quatro aplicações, iniciadas no estágio V8 da soja, foi observada uma diferença significativa no rendimento de grãos (4 sacos/ha) entre o programa com 15 e com 20 dias de intervalo. O maior rendimento foi observado no programa com 15 dias de intervalo entre as aplicações, reflexo do melhor controle de ferrugem.

O manejo convencional que vem sendo utilizado na cultura da soja para controle da ferrugem asiática, se resume a quatro aplicações espaçadas de fungicidas com intervalos de 15

dias. A primeira antes do fechamento entre linhas, a segunda no florescimento, terceira na formação de vagens e a quarta no enchimento de grãos, todas com intervalos de 15 dias, sendo que as duas primeiras aplicações são consideradas as mais importantes do programa convencional de manejo (PLACIDO, 2021).

A grande dúvida dos agricultores se refere a qual intervalo seria ideal entre as aplicações. Muitos produtores têm as aplicações calendarizadas, seguindo um determinado intervalo para as aplicações. Dessa forma, pode-se aproximar demasiadamente os intervalos, o que gera um excesso de aplicações e aumenta o custo da lavoura. Em outros casos, o processo pode ser feito de forma tardia, podendo também prejudicar a produtividade. De maneira geral, o intervalo entre as aplicações fica entre 12 a 21 dias. Porém, com uma situação de foco de ferrugem, os intervalos de aplicação devem ser menores, dependendo da situação, intervalos de apenas 12 dias (UEBEL, 2020).

No Brasil, conduziu-se um estudo para determinar o início da aplicação de fungicidas de ação preventiva. Isso foi feito com base na detecção de esporos de *P. Pachyrhizi* associada às condições ambientais no manejo da ferrugem asiática. Comparado com o método de monitoramento convencional, houve redução na percentagem da área foliar infestada e desfolha nos tratamentos com a aplicação de fungicidas 1, 7 e 14 dias após a detecção dos primeiros uredósporos (GARDIANO *et al.*, 2020).

A utilização de 14 ou 21 dias entre a segunda e a terceira aplicação de fungicidas, coincidiu com a evolução da ferrugem no campo. Foram obtidos dados em nove cultivares de soja, sendo que em todas houve ganho produtivo significativo através do uso do intervalo mais seguro de 14 dias em relação a 21 dias (DEBORTOLI; BALARDIN, 2019).

Segundo Castro Júnior (2020), uma aplicação inicial bem posicionada no estágio vegetativo e seguindo os intervalos seguros de aplicação como, por exemplo, 14 a 18 dias, dependendo do ano, se torna essencial para se ter uma planta mais sadia até o final do ciclo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2020/2021 na propriedade da família Zanatta, Nonoai, RS, Brasil (27° 20' 00'' S; 52° 45' 05'' O e altitude de 584 m), em área de Latossolo Vermelho distrófico típico. Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta um clima mesotérmico úmido, com verão quente (Cfa). A cultivar de soja Don Mario 57i52, na densidade de 13 sementes/m, foi semeada em Sistema Plantio Direto, sobre palha de

aveia branca (*Avena sativa*). A adubação aplicada foi de 350 kg/ha, da fórmula 3-21-21 (N-P₂O₅-K₂O), conforme análise de solo e distribuída no sulco de semeadura.

A semeadura foi realizada no dia 01/12/2020 e a colheita no dia 06/04/2021. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Parcelas experimentais mediram 1,8m x 4m, com quatro linhas de semeadura, espaçadas de 0,45 m. Foi utilizado a mesma combinação de ingredientes ativos em todas as aplicações de fungicida, diferindo apenas o intervalo de aplicação.

Quando as plantas de soja atingiram o estágio V4, foram realizadas aplicações de Maxizato[®] (glifosato, sal de amônio (792,5g/kg)) na dose de 1,5 kg/ha; Políquel NiCoMo[®] (fósforo solúvel em água (192g/L), molibdênio solúvel em água (208g/L), cobalto solúvel em água (20,8g/L), níquel solúvel em água (11,2g/L)) na dose de 0,15 L/ha; Orthene 750 BR[®] (acefato (750g/kg)) na dose de 1 kg/ha.

As aplicações de fungicidas iniciaram no estágio V6 e finalizaram no estágio R5.7. A mistura de fungicidas e adjuvantes utilizados nas aplicações não tiveram modificações durante o ciclo da cultura, sendo seus componentes: Elatus[®] (azoxistrobina (300g/kg), benzovindiflupir (150g/kg)) na dose de 0,200 kg/ha; Cypress[®] (difeconazol (250g/L), ciproconazol (150g/L)) na dose de 0,300 L/ha; Bravonil[®] (clorotalonil (500 g/L)) na dose de 2 L/ha; TA-35 GOLD[®] (adjuvante + óleo metilado de soja) na dose de 0,15 L/ha (Tabela 01).

Foram realizadas duas aplicações para o controle de pragas durante o ciclo da cultura, sendo a primeira no estágio fenológico de R1, utilizando os seguintes produtos: Galil SC[®] (imidacloprido (250g/L), bifentrina (50g/L)) na dose de 0,400L/ha; Abamex[®] (abamectina (18g/L)) na dose de 0,4 l/ha; TA-35 GOLD[®] (adjuvante + óleo metilado de soja) na dose de 0,15 l/ha. Na segunda aplicação, realizada em R2, foram utilizados os seguintes produtos: Zeus[®] (dinotefuram (84g/L), lambda-cialotrina (48g/L)) na dose de 0,5 L/ha; TA-35 GOLD[®] (adjuvante + óleo metilado de soja) na dose de 0,15 L/ha.

Quadro 1 - Estádios fenológicos e aplicações durante o ciclo da cultura

Tratamentos	Estádios fenológicos											Nº de aplicações de fungicidas
	V4	V6	V8	R1	R1	R2	R3	R5.2	R5.5	R5.6	R5.7	total
T1(7)	H, N	F	F	F, I	F	F, I	F	F	F	F	F	10
T2(14)	H, N	F		F, I		F, I		F		F		5

T3(21)	H, N	F		I	F	I		F			F	4
T4(28)	H, N	F		I		F, I				F		3
T5(35)	H, N	F		I		I	F					2

H (herbicida), N (fertilizante foliar), I (inseticida), F (fungicida)

Fonte: Autor (2021).

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂ equipado por uma barra de seis bicos cones, operados à pressão 3,5 bar (350KPa), formando gotas de categoria média (ASABE, 2009) e volume de calda de 150 L/ha. As avaliações da ferrugem asiática foram feitas quinzenalmente, utilizando uma escala diagramática de notas para ferrugem asiática da soja, conforme Godoy *et al.* (2006), com os dados sendo anotados em percentagem de severidade, fazendo o uso de 10 plantas escolhidas ao acaso por parcela avaliada.

Quando a soja atingiu a umidade ideal para colheita, esta foi feita de forma manual da parcela por inteiro, com área útil de 7,2 m². Para todos os componentes de rendimento, a umidade dos grãos foi corrigida para 13% e as avaliações procederam logo após a colheita da soja.

Os dados coletados foram submetidos a análise da variância (ANOVA). Antes da análise, a normalidade dos resíduos da análise de variância foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância pelo teste F e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. Para atendimento das pressuposições os dados foram transformados por $y^* = \text{raíz}(y + 1)$, em que y^* é o valor transformado e y é o valor original. Todas as análises foram realizadas com o ambiente R (R CORE TEAM, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As condições climáticas acabaram sendo significativas para o resultado do experimento. Devido à falta de chuvas no período do plantio, por toda a região, o desenvolvimento da doença acabou sendo mais tardio. Com essa condição de início, o aumento do nível de doença coincidiu com mais um período de seca, o que atrasou novamente o avanço da doença e fez com que o ciclo da cultura terminasse antes do normal, comprometendo possíveis avaliações a serem realizadas.

Tabela 1 - Severidade da ferrugem asiática da soja em função de diferentes intervalos de aplicação e estádios fenológicos

SEVERIDADE FERRUGEM ASIÁTICA (%)				
Tratamentos ¹	Estádios Fenológicos			
	R1	R2	R5.3	R5.6
T1	0 Aa ²	0 Aa	0,48 Ac	1,16 Ab
T2	0 Aa	0 Aa	0,36 Ac	0,88 Ab
T3	0 Ca	0 Ca	0,36 Bc	9,20 Aa
T4	0 Ba	0 Ba	4 Ab	9,20 Aa
T5	0 Ba	0 Ba	7 Aa	9,20 Aa

(1): T1: intervalo de aplicação de 7 dias; T2: intervalo de aplicação de 14 dias; T3: intervalo de aplicação de 21 dias; T4: intervalo de aplicação de 28 dias e T5: intervalo de aplicação de 35 dias.

(2): letras maiúsculas na linha diferem os estádios fenológicos em um mesmo tratamento, enquanto letras minúsculas diferem os tratamentos dentro do mesmo estágio fenológico.

Médias seguidas de mesma letra minúscula/maiúscula não diferem entre si.

Antes da análise os dados foram submetidos a transformação, por $y^* = \text{raiz}(y + 1)$ em que y^* é o valor transformado e y é o valor original. Na tabela, os dados são apresentados na escala original.

CV estágio fenológico = 18,04%; CV tratamentos = 21,02%.

Consoante aos dados da Tabela 1, pode-se observar que nos estádios fenológicos R1 e R2, o número de aplicações não demonstrou diferença na severidade da doença. No estágio R5.3, as parcelas com 2 e 3 aplicações apresentaram uma maior severidade em relação aos outros tratamentos. No caso do estágio R5.6, apenas os tratamentos que levaram 5 e 10 aplicações demonstraram um bom resultado contra uma pressão maior de ferrugem.

O intervalo de aplicação dos fungicidas usados no Brasil para o controle da ferrugem asiática passou formalmente de 21 para 14 dias. Este fato se deve em função da resistência do fungo aos produtos fitossanitários. Esta redução do intervalo oferece mais segurança diante do aumento das doenças e da resistência, diminuindo assim a sensibilidade do fungo aos fungicidas (SYNGENTA BRASIL, 2017). O monitoramento é uma prática que deve ser adotada pelos produtores. Porém, o fato de os agricultores só utilizarem fungicida quando a doença está instalada na planta, dificulta o controle e conseqüentemente o rendimento da cultura (YORINORI, 2007).

Segundo Pelegrini, Lajus e Cericato (2018), reduzindo o intervalo de aplicação tem-se um incremento significativo de rendimento. Além disso, pode-se verificar esta diferença independente da resistência genética ou não entre cultivares. Este fato é atribuído às aplicações de fungicidas que antecederam o surgimento das doenças, garantindo assim um maior residual e eficácia no controle com intervalos de 14 dias.

De acordo com Veiga *et al.* (2004), a aplicação de fungicidas realizada após o surgimento dos sintomas das doenças reduziu significativamente o controle. Porém, para Hartman, Wang e Tschanz (1991), a ferrugem aumentou a severidade no estágio fenológico de enchimento das vagens, tornando assim, mais relevante a antecipação do intervalo de controle. Dessa forma, o grande impasse para alcançar grandes resultados de controle e de rendimento é que o controle químico vem sendo utilizados após a instalação da doença na cultura (SILVA, 2007).

Conforme Melching *et al.* (1979), consideram que o surgimento das primeiras lesões da ferrugem pode ocorrer após um período de incubação de 7 dias e a urédia forma-se de 9 a 10 dias após a infecção da folha, estima-se que o efeito residual de alguns fungicidas, não passa de 14 dias para qualquer tratamento.

Tabela 2 – Médias das características avaliadas em soja, em experimento realizado para avaliar o efeito de estratégias de pulverização no controle de ferrugem asiática sobre rendimento de grãos em Nonoai/RS, safra 2020/2021

Tratamentos ¹	Rendimento (kg/hectare)
T1	6.655 ^{*ns}
T2	6.688
T3	6.594
T4	6.283
T5	6.022
CV%	8,31%

(1): T1: intervalo de aplicação de 7 dias; T2: intervalo de aplicação de 14 dias; T3: intervalo de aplicação de 21 dias; T4: intervalo de aplicação de 28 dias e T5: intervalo de aplicação de 35 dias.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste F. ^{*ns}não significativo.

Os tratamentos não diferiram entre si quanto ao rendimento de grãos (Tabela 2). Os rendimentos variaram de 6.022 Kg/ha a 6.688 Kg/ha para os tratamentos T5 e T2, respectivamente. Essa pequena variação entre os tratamentos, pode estar relacionada a condições desfavoráveis a incidência da ferrugem asiática observada durante a condução do experimento (Tabela 2). De acordo com Moreira (2009), a ocorrência de algumas doenças não depende do estágio fenológico que a cultura se encontra. O ambiente ou condições de temperatura, umidade relativa do ar, dentre outros, são fatores determinantes para o surgimento e progresso temporal da doença.

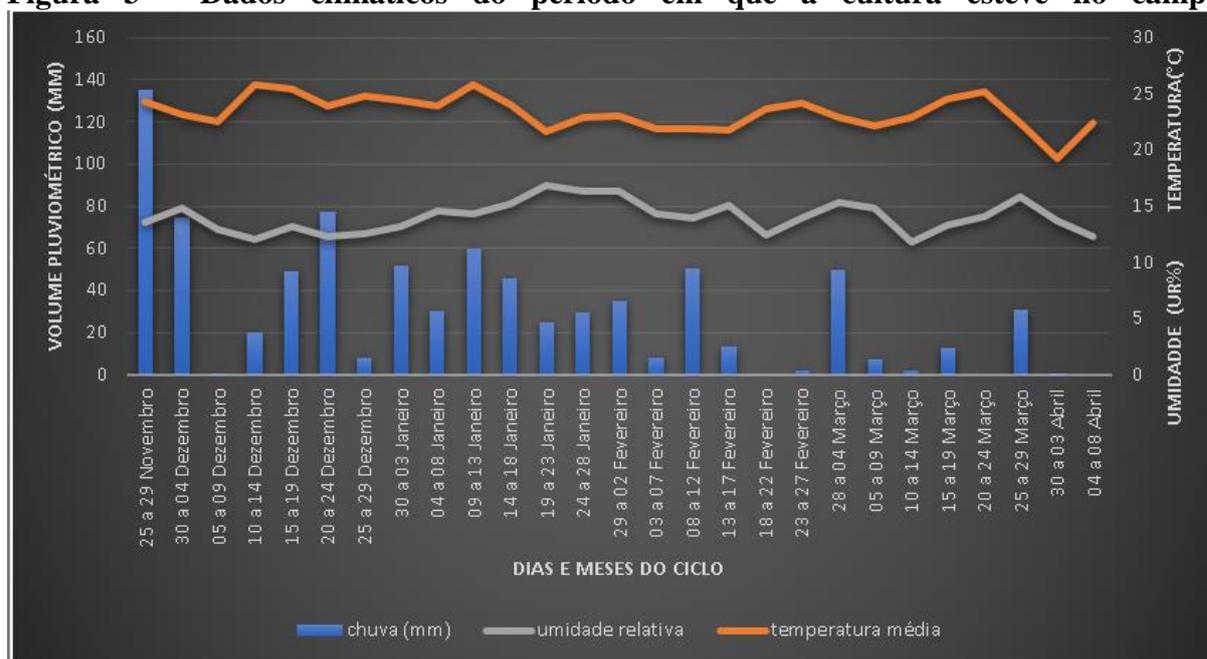
Com relação à Tabela 2, os resultados de rendimento não refletiram o que foi visto na incidência da doença (vide Tabela 1), considerando que alguns tratamentos (5 e 10 aplicações) foram melhores que os outros.

Outro fator que pode explicar o rendimento estatisticamente semelhante entre tratamentos, está no ciclo da cultivar, pois, com o aumento do ciclo as plantas ficam mais propensas ao ataque de patógenos responsáveis pela redução do rendimento de grãos, afetando o índice de colheita. Durante o crescimento e desenvolvimento das estruturas da planta, não há grande presença de doença e o ataque no fim do ciclo, de forma mais severa, reduz o peso dos grãos, afetando diretamente o índice de colheita.

O mesmo fato foi constatado por Phillips (1984), relatando que embora a aplicação de fungicidas sob diferentes intervalos possa diminuir a intensidade de doenças foliares, não necessariamente implica em aumento de rendimento.

Segundo Andrade e Andrade (2002), os rendimentos obtidos com as aplicações feitas preventivamente são significativamente superiores às aplicações atrasadas, justificando que o melhor controle obtido é com as aplicações feitas na ausência das doenças ou em baixos níveis de infestação.

Figura 3 - Dados climáticos do período em que a cultura esteve no campo



Fonte: EPAGRI CIRAM

O fator climático foi um ponto crucial para o desenvolvimento de todo o experimento. Devido às baixas chuvas registradas na pré semeadura, em praticamente toda a área cultivada no Brasil, a proliferação da doença acabou sendo postergada. Dessa forma, houve um controle coerente, quando comparado com anos mais chuvosos (Figura 3).

Os dados apresentados na Figura 3 remetem a um mês de fevereiro mais seco, coincidindo com a entrada da soja na fase reprodutiva, o que fez com que a pressão da ferrugem asiática da soja fosse substancialmente reduzida.

Segundo a EMBRAPA (2017), observações sobre a evolução da ferrugem asiática da soja nas últimas safras, mostram uma grande relação da severidade da doença com os períodos de chuva nos quais as lavouras são expostas durante uma safra.

5 CONCLUSÕES

Portanto, a doença da ferrugem asiática estudada nesse trabalho teve um retardo em função da seca que ocorreu no período de plantio, o que alterou o tempo de ciclo normal da cultura, impossibilitando possíveis análises a serem realizadas posteriormente.

Em consonância com a literatura e as metodologias de aplicação utilizadas no País, essa pesquisa observou resultados semelhantes, considerando que a redução do intervalo de aplicação dos fungicidas foi favorável para evitar a doença. Porém, apesar de os tratamentos diferirem estatisticamente, reduzindo o avanço da doença, os rendimentos não corresponderam de forma diretamente proporcional.

Embora não tenha sido possível visualizar uma diferença de rendimento entre os tratamentos, provavelmente devido ao clima seco que acometeu o período de condução do experimento, pode-se verificar que, aumentando aplicações de fungicida, houve uma diminuição na severidade da doença.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. 2020. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/AGROFIT.html. Acesso em: 16 nov. 2021.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. E. V.; HENNING, A. A. Doenças da soja. *In*: KIMATI, H., AMORIM, A.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L, E. A.; REZENDE, J, A. M. **Manual de Fitopatologia**. 2. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 576p., 1997.

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. A. Ferrugem Asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira. **Embrapa Agropecuária Oeste-Circular Técnica** (INFOTECA-E). 2002.

ASABE (Sociedade Americana de Engenheiros Agrônomos e Biológicos), 2009. Disponível em: <https://www.asabe.org/>. Acesso em: 24 nov. 2021.

CAMARGOS, R. Ferrugem Asiática da Soja. **Informativo Técnico Nortox**, 2017.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B.; SOBRINHO, C. A. Manejo do arranjo de plantas para aumento da produtividade de grãos de feijão-caupi no Meio-Norte brasileiro. **Embrapa Meio-Norte-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2018.

CARVALHO JÚNIOR, A. A.; FIGUEREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. *Summa Phytopathologica*, v. 26, n. 2, p. 197-200, 2000.

CASTRO JÚNIOR, R. P. **Combinações químicas e intervalos de aplicação: impactos na ferrugem-asiática da soja**. 2020. Mestrado Profissional em Proteção de Plantas – Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, 2020. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1447/3/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Roberto%20Castro.pdf. Acesso em: 22 ago. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2013. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 ago. 2021

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2021. **Produtos para controle**. Parceria público-privada no combate à ferrugem asiática da soja. Disponível em: <http://www.consorcioantiferrugem.net/#/conteudos/view/11> Acesso em: 24 ago. 2021.

DEL PONTE, E. M., GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006.

DEBORTOLI, R.; BALARDIN, M. Intervalo da segunda para terceira aplicação, **Elevagro**. 2019. Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/o-intervalo-da-segunda-para-a-terceira-aplicacao/> Acesso em: 16 nov. 2021.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Ferrugem Asiática da Soja**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/59462861/para-consorcio-antiferrugem-manejo-adotado-para-ferrugem-da-soja-no-brasil-colabora-com-a-reducao-de-perdas>. Acesso em: 16 nov. 2021

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Chuvas favorecer dispersão de ferrugem asiática**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/18006483/chuvas-favorecem-dispersao-da-ferrugem-asiatica> Acesso em: 16 nov. 2021.

FURLAN, S. H. Impacto, diagnose e manejo da ferrugem asiática da soja no Brasil. **Anais [...]**, Reunião Itinerante de Fitossanidade do instituto Biológico. Aguai/SP. (CD-ROM), 2004.

GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L. C. M.; OLIVEIRA, G. M.; IGARASHI, W. T.; SUDO, L. T.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.;

CANTERI, M. G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 497-504, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/zFRvzkNxZ9hfxKRRrCMgLnDs/?lang=pt#>. Acesso em: 01 set. 2021.

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**. v. 31. p. 63-68, 2006.

GODOY, C. V.; PIMENTA, C. B.; WRUCK, D. S. M.; RAMOS JÚNIOR, E. U. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2006/07. Resultados sumarizados dos ensaios em rede. **Embrapa Soja. Circular técnica**, 2007.

GODOY, C.V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 56-61, 2009.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. **Embrapa Soja-Documentos** (INFOTECA-E), 2020.

GRUPO CULTIVAR, 2018. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/controle-quimico-da-ferrugem-asiatica-em-soja>. Acesso em: 24 ago. 2021

GRIGOLLI, J. C. J.; GRIGOLLI, K. M. M. **Manejo de doenças na cultura da soja**, 2017. Disponível em: https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/303/303/5bf01cc3a7885009c9e47176f153fe5e967c6cb20f243_06-manejo-de-doencas-na-cultura-da-soja-somente-leitura.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021

GUTERRES, R. A., Intervalos de aplicações fúngicas e controle da ferrugem. **SENAR**. 2017. Disponível em: <http://www2.senar.com.br/Noticias/Detalhe/9419>. Acesso em: 16 nov. 2021

HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; TSCHANZ, A. T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **The American Phytopathological Society** - Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan, v. 75, n. 6, 1991.

KLEIN, A. M. Ferrugem-asiática da soja e as estratégias para enfrentá-la. **Mais Soja**. 2018. Disponível em: <https://maissoja.com.br/ferrugem-asiatica-da-soja-e-as-estrategias-para-enfrenta-la/> Acesso em: 16 nov. 2021.

LAZZAROTTO, J. J. Situação da ferrugem "asiática" no Brasil, safra 2003/04. In: Resumos [...] REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., Ribeirão Preto, 2004. Londrina: Embrapa Soja, 2004.

LIMA, B. S. **Análise da produção científica sobre *phakopsora pachyrhizi* no período de 2001 a 2019**. 2020. Monografia (Curso de Agronomia) – Universidade Federal Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2002. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br> Acesso em: 25 ago. 2021

MAIS SOJA, Como definir o intervalo de aplicações, 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/como-definir-o-intervalo-de-aplicacao-de-fungicidas/> Acesso em: 24 ago. 2021

MEDEIROS, A. G. **Parâmetros genéticos e potencial agrônomo de cruzamentos tipo adaptado x exótico em soja, com ênfase na reação à ferrugem asiática.** 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-13102009-140330/publico/Aliandra_Medeiros.pdf. Acesso em: 16 nov. 2021

MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R.; KINGSOLVER, C. H. Infection, colonization, and uredospore production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*, the cause of soybean rust. **Phytopathology**, v. 69, n. 12, p. 1262-1265, 1979.

MORAES, M. P. **Sistema agrometeorológico de previsão para ferrugem asiática da soja.** 2018. Monografia (Curso de Agronomia) – Universidade Federal Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

MOREIRA, E. N. **Ferrugem asiática da soja: influência do estágio fenológico na ocorrência e compração de sistemas de aviso.** 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

MOURA, B. **Ferrugem-asiática da soja: interações entre cultivares e volumes de calda no controle da doença e sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas.** 2018. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2018.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; ZUNTINI, B.; MENDER, M. P.; LEONEL, R. K.; PONTIM, B. C. A. Associação de adjuvantes à picoxistrobina + ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 3, p. 204-210, 2012.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C., MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2019. **O clima e a evolução da ferrugem da soja.** Chuvas e temperaturas ditam significativas influências. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/informe-publicitario/229528-o-clima-e-a-evolucao-da-ferrugem-da-soja.html#.YSZ4V45KjIU> Acesso em: 26 ago. 2021.

NUNES, J. R. **Situação da ferrugem asiática no Brasil.** Ribeirão Preto, Londrina: Embrapa Soja, 2021.

OLIVEIRA, M. **Resistência à ferrugem asiática em linhagens elite de soja.** 2019. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

- PELEGRINI, E.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A. Rendimento de cultivares de soja submetidos a diferentes intervalos de aplicação de fungicida. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 3, p., 2018.
- PHILLIPS, D. V. Performance of foliar fungicides on soybeans in Georgia. **Plant disease**, v. 68, n. 7, p. 558-560, 1984.
- PLACIDO, F. H. O que você precisa saber para fazer aplicação de fungicidas na soja no momento ideal. **Lavoura**. 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/aplicacao-de-fungicidas-na-soja/>. Acesso em: 16 nov. 2021
- R CORE TEAM (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 out. 2021.
- ROCHA, B. G. R.; AMARO, H. T. R.; PORTO, E. M. V.; GONÇAVES, C. C.; DAVID, A. M. S. S.; LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.
- SILVA, J. F.V. **Evolução da ferrugem asiática da soja no Brasil**. Londrina/PR, 2007.
- SYNGENTA BRASIL, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/bi_be/Downloads/19006-Texto%20do%20artigo-63175-1-10-20180831.pdf. Acesso em: 13 out. 2021.
- TSCHANZ, A. T. Soybean rust epidemiology: final report. **Asian Vegetable Research and Development Center**, Shanhau, Taiwan, 1982.
- UEBEL, R. A., 2020. **Coagril**. Intervalo entre as aplicações fúngicas, Disponível em: <http://www.coagril-rs.com.br/informativos/ver/50/intervalo-entre-as-aplicacoes-de-fungicidas>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- VEIGA, J. S.; CASTRO, R. M.; PAIVA, S. B.; VITTI, A. J. Momento do início e intervalo de aplicação da mistura ciproconazol + Azoxistrobina na cultura da soja para controle da ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* em diferentes regiões do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 285, 2004.
- YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. *In: Encontro brasileiro sobre doenças da cultura da soja*, v. 2, Aldeia Norte Editora, p. 47-54, 2002.
- YORINORI, J. T. Ferrugem Asiática avança e exige cuidados mais intensos. **Correio Agrícola**, v. 1, p. 3-6, 2007.