UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ASSOCIAÇÃO DE FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS E PH NA CALDA DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

DARWIN RUI SOARES DA FONSECA

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2018

DARWIN RUI SOARES DA FONSECA

ASSOCIAÇÃO DE FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS E PH NA CALDA DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

F743a Fonseca, Darwin Rui Soares

Associação de fungicidas multissítios e pH na calda de pulverização no controle da ferrugem asiática. / Darwin Rui Soares da Fonseca. — 2018.
49 f. : il.

Orientador: Profª. Drª. Hercules Diniz Campos.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2018.
Inclui Biografia.
Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Controle químico. 2. *Glycine max*. 3. Mecanismo de ação. I. Campos, Hercules Diniz

CDD: 633.3494

Elaborada por Fernanda Castro - Bibliotecária CRB1/3191

DARWIN RUI SOARES DA FONSECA

ASSOCIAÇÃO DE FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS E pH NA CALDA DE PULVERIZAÇÃO NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 17 de maio de 2018

Prof. Dr. Hercules Diniz Campos
Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV

Dra. Lilianne Martins Ribeiro
Bolsista PNPD – FA/UniRV

Prof. Dr. Adriano Perin
Membro - IFGoiano - Rio Verde

DEDICATÓRIA

Essa conquista dedico exclusivamente a Deus, que na sua infinita bondade, me guarda durante as trajetórias e sempre me impulsiona em direção a vitórias e novos desafios.

"A mente que se abre a uma nova idéia, jamais voltará ao seu tamanho original"
(*Albert Einstein*)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que a todo tempo esteve me abençoando e proporcionando força e sabedoria, para que pudesse continuar seguindo firme na caminhada.

Aos meus pais, Cleudina Soares Milhomem, um exemplo de mãe e de pessoa batalhadora com caráter incomparável, e Ademar Fonseca Moraes (*in memoriam*).

A minha esposa, Isabele Pereira Tannous por estar sempre ao meu lado, me apoiando e contribuindo para meu crescimento com compreensão, carinho e amor.

Ao meu amigo, professor e orientador Hercules Diniz Campos, pelo aprendizado proporcionado, paciência e atenção.

A Sumitomo, por conceder a oportunidade de qualificação e pelo apoio durante o período do curso e desenvolvimento do projeto.

Aos meus colegas de mestrado e estagiários da UniRV, pela amizade e pela contribuição para execução do projeto.

Aos docentes do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde, que participaram da minha formação acadêmica.

BIOGRAFIA

DARWIN RUI SOARES DA FONSECA, filho de Cleudina Soares Milhomem e Ademar Fonseca Moraes, nasceu dia 18 de outubro de 1988, em Rio Verde, Goiás. Em 2006, ingressou no curso de Agronomia na UniRV (Universidade de Rio Verde), e concluiu o curso em junho de 2010. Iniciou no curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela UniRV – em fevereiro de 2016, defendendo a dissertação no dia 17 de maio de 2018.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....vi
LISTA DE FIGURAS viii
RESUMO.....ix
ABSTRACT.....x
1. INTRODUÇÃO.....1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....2
2.1 A cultura da soja.....2
2.2 Ferrugem asiática.....3
2.2.1 Etiologia.....3
2.2.2 Sintomatologia.....4
2.2.3 Epidemiologia.....5
2.3 Controle químico.....6
2.3.1 Resistência a fungicidas.....8
2.3.2 Fungicidas multissítios.....10
2.4 pH da água e da calda de pulverização.....14
2.4.1 Eficiência do pH da água na eficiência dos fungicidas.....15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....17
3.1 Local e condução dos experimentos.....17
3.2 Delineamento experimental do ensaio associação de multissítios.....17
3.3 Dados das aplicações (multissítios).....18
3.4 Delineamento experimental do ensaio influência do pH da calda de pulverização.....19
3.5 Dados das aplicações (influência do pH da calda de pulverização).....20
3.6 Características avaliadas.....20
3.7 Análise estatística.....21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....22
4.1 Associação de fungicidas multissítios e sítio-específicos.....23
4.2 Influência do pH da calda de pulverização.....28
5. CONCLUSÃO.....34
5.1 Associação de fungicidas e sítio-específicos.....34

5.2 Influência do pH da calda de pulverização.....35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....36
ANEXOS.....47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos: fungicidas sítio-específicos aplicados isoladamente ou associados aos multissítios, visando o controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.....18
Tabela 2. Condições ambientais durante as aplicações dos tratamentos.....18
Tabela 3. Descrição dos tratamentos: fungicidas x níveis de pH da calda de pulverização no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.....19
Tabela 4. Condições ambientais durante as aplicações dos tratamentos.....20
Tabela 5. Resumo da análise de variância da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), porcentagem de desfolha, peso de mil grãos (PMG), produtividade (kg ha-1) e desdobramento da interação fungicidas sítio-específicos x fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.....24
Tabela 6. Valores da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e eficácia relativa em função das aplicações dos fungicidas sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.....25
Tabela 7. Valores de porcentagem de desfolha em função das aplicações dos fungicidas de sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/106. Rio Verde, Goiás, 2018.....26
Tabela 8. Valores de peso de mil grãos (PMG) em função das aplicações dos fungicidas de sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/106. Rio Verde, Goiás, 2018.....27
Tabela 9. Valores de produtividade (kg ha^{-1}) e incremento relativo (%) em função das aplicações dos fungicidas sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.....28
Tabela 10. Resumo da análise de variância da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), porcentagem de desfolha, peso de mil grãos (PMG), produtividade (kg ha^{-1}) e desdobramento da interação fungicidas x pH da calda no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018. 29

Tabela 11. Valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função das aplicações dos fungicidas sob níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018 31
Tabela 12. Valores de porcentagem de desfolha em função das aplicações dos fungicidas sob níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018. 32
Tabela 13. Valores de peso de mil grãos (PMG) em função das aplicações dos fungicidas sob níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018..... 33
Tabela 14. Valores de produtividade (kg ha^{-1}) e incremento relativo (%) em função das aplicações dos fungicidas sob níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.. 34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima), em intervalos de 15 dias nos meses de outubro de 2015 a maio de 2016, no local do ensaio, safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.....22
Figura 2. Progresso da ferrugem-asiática na testemunha a partir do estádio fenológico R1 a R5.4, no ensaio com associação de multissítios. Rio Verde, Goiás, 2018.....23
Figura 3. Progresso da ferrugem-asiática na testemunha a partir do estádio fenológico R1 a R5.4, no ensaio influência do pH da calda de pulverização. Rio Verde, Goiás, 2018.....29

RESUMO

FONSECA, Darwin Rui Soares, M.e., Universidade de Rio Verde, fevereiro de 2018. **Associação de fungicidas multissítios e pH na calda de pulverização no controle da ferrugem asiática.** Orientador: Dr. Hércules Diniz Campos.

A perda de sensibilidade / resistência do fungo *Phakopsora pachyrhizi* tem se destacado em função do uso intensivo de fungicidas de um único sítio de ação. Assim, o uso de fungicidas protetores com ação multissítio tem sido amplamente recomendado nas aplicações com demais fungicidas. O pH da calda de aplicação também está entre os fatores de maior relevância na eficiência dos fungicidas, mas pouco tem sido explorado. O estudo teve como objetivo verificar a influência dos multissítios e do pH da calda de aplicação na eficiência dos fungicidas no controle da ferrugem asiática. Dois experimentos foram conduzidos na safra 2015/2016, na estação experimental da Campos Pesquisa Agrícola, Rio Verde, Goiás. Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, ambos em 4 repetições, sendo o primeiro com 12 tratamentos + 1 testemunha em esquema fatorial (3 x 4) + 1, correspondente a 3 fungicidas sítio-específicos e 3 multissítios e tratamento sem multissítio; o segundo com 16 tratamentos + 1 testemunha em esquema fatorial (4 x 4) + 1, referente a 4 fungicidas e 4 níveis de pH. As parcelas foram constituídas por 8 linhas de plantas de soja, espaçamento 0,5 m, com dimensão de 5 x 4 m (20 m²). No primeiro experimento, os tratamentos foram: impirfluxam (30 g i.a. ha^{-1}); impirfluxam + tebuconazol (30 + 100 g i.a. ha^{-1}) e piraclostrobina + fluxapiroxade (58 + 116 g i.a. ha^{-1}), aplicados isoladamente e associados aos multissítios mancozeb (1500 g i.a. ha^{-1}), clorotalonil (1000 g a.i. ha^{-1}) e oxicloreto de cobre (822 g i.a. ha^{-1}). No segundo experimento, os tratamentos foram: impirfluxam (30 g i.a. ha^{-1}); impirfluxam + tebuconazol (30 + 100 g i.a. ha^{-1}); protioconazol + trifloxitrobina (60 + 70 g i.a. ha^{-1}) e azoxistrobina + benzovindiflupir (60 + 30 g i.a. ha^{-1}), submetidos a 4 níveis de pH das caldas (3,0; 4,5; 6,0 e 7,5). Três aplicações foram realizadas através do pulverizador costal (CO_2), vazão de 150 L ha^{-1}. A primeira aplicação ocorreu em R1 e as demais com intervalos de 14 dias. Para as características avaliadas, considerou-se a severidade, seletividade, desfolha, PMG (Peso de Mil Grãos), produtividade, AACPD (Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença), eficácia e incremento relativo. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa Assistat. O fungicida impirfluxam + tebuconazol proporcionou o menor progresso da ferrugem-asiática associado aos multissítios, com destaque para mancozeb e clorotalonil. Todos os fungicidas multissítios proporcionaram incremento de controle da ferrugem e obtiveram maiores porcentagens quando associados ao fluxapiroxade + piraclostrobina, visto que esse isoladamente apresentou menor eficácia. As associações com clorotalonil proporcionaram maior incremento de controle. O nível de pH 6 da calda de aplicação foi o mais efetivo em garantir eficiência dos fungicidas no controle da ferrugem.

Palavras-chave: Controle químico, *Glycine max*, mecanismo de ação.

ABSTRACT

FONSECA, Darwin Rui Soares, M.e., University of Rio Verde, February, 2018. **Association of multi-site fungicides and pH in spraying slurry for soybean rust control.** Advisor: Dr. Hercules Diniz Campos.

The loss of sensitivity / resistance of the fungus *Phakopsora pachyrhizi* has occurred due to the intensive use of fungicides with a single site of action. Thus, the use of protectant fungicides with multi-site action has been widely recommended in applications with other fungicides. The pH of the spraying slurry is also one of the most relevant factors on the fungicide efficiency, but it has not been much studied. The objective of this study was to check the influence of multi-site fungicides and the pH of the spraying slurry on the efficiency of fungicides for soybean rust control. The experiments were carried out in the 2015/2016 season at the Campos Experimental Research Station, Rio Verde, Goiás. The trials were designed in a randomized block, both in 4 replicates, the first with 12 treatments + 1 control in factorial scheme (3 x 4) + 1, corresponding to 3 site-specific fungicides and 3 multi-site fungicides and treatment without multi-site; the second with 16 treatments + 1 control in factorial scheme (4 x 4) + 1, relative to 4 fungicides and 4 pH levels. The plots consisted of 8 rows of soybean plants, spaced 0.5 m, with a size of 5 x 4 m (20 m²). In the first experiment, the treatments were: inpyrfluxam (30 g a.i. ha^{-1}); inpyrfluxam + tebuconazole (30 + 100 g a.i. ha^{-1}) and piraclostrobin + fluxapyroxad (58 + 116 g a.i. ha^{-1}), applied straight and associated with the multi-sites mancozeb (1500 g a.i. ha^{-1}), chlorothalonil (1000 g a.i. ha^{-1}) and copper Oxychloride (822 g a.i. ha^{-1}). In the second experiment, the treatments were: inpyrfluxam (30 g a.i. ha^{-1}); inpyrfluxam + tebuconazole (30 + 100 g a.i. ha^{-1}); prothioconazole + trifloxystrobin (60 + 70 g i.a. ha^{-1}) and azoxystrobin + benzovindiflupyr (60 + 30 g a.i. ha^{-1}), submitted to 4 pH levels of the spraying slurry (3.0, 4.5, 6.0 and 7.5). Three applications were performed using a back sprayer (CO_2), water volume of 150 L ha^{-1}. The first application occurred in R1 and the others with 14 days of intervals. For the evaluated characteristics, the severity, selectivity, defoliation, TGW (Thousand Grain Weight), yield, AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve), efficacy and relative increase were considered. The data were submitted to variance analysis, and the Tukey test was applied at 5% probability, using Assistat software. The fungicide inpyrfluxam + tebuconazole provided the lowest soybean rust severity associated with the multi-sites, especially mancozeb and chlorothalonil. All multi-site fungicides provided increase in soybean rust control and had higher percentages when associated with fluxapyroxad + piraclostrobin, since this one, when used isolated, was less effective. The associations with Chlorothalonil provided greater control increase. The pH 6 of the spraying slurry was the most effective in ensuring fungicide efficiency for soybean rust control.

Keywords: Chemical control, *Glycine max*, mechanism of action.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de soja, sendo a área cultivada na safra 2016/17 igual a 33,91 milhões de hectares, com um crescimento de 2 % em relação à safra 2015/16. A produção estimada na safra 2016/17 foi de 114,09 milhões de toneladas, superando o valor de 95,43 milhões da safra anterior. O Centro-Oeste concentra a região com maior produção de soja do país. Na safra 2016/17, a área total plantada foi de 15,19 milhões de hectares com um incremento de 1,8 % em relação ao exercício passado e produção de 50,15 milhões toneladas, superior a 43,75 da safra 2015/16. O estado de Goiás é o quarto maior produtor de soja, contribui com área total de 3,35 milhões hectares e produção de 10,81 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

Apesar de a produção brasileira de soja ter alto potencial de crescimento a cada safra, muitos fatores têm sido limitantes na obtenção de altos rendimentos, entre eles, as doenças se destacam pelas perdas anuais significativas, estimadas de 15% a 20% da produção.

Dentro do complexo de doenças que atacam as lavouras de soja no Brasil, o maior potencial destrutivo é atribuído à ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. A doença foi constatada pela primeira vez no Brasil em 26 de maio de 2001 no estado do Paraná. Atualmente já se conhece o seu elevado potencial de dano, pois pode evoluir na planta e chegar a altas severidades nas folhas em curto espaço de tempo e, consequentemente, causar desfolha prematura, prejudicando a plena formação dos grãos e refletindo em perdas significativas na produtividade.

Entre as principais estratégias de manejo da ferrugem na soja, deve-se empregar medidas como: a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada, a eliminação de plantas de soja voluntárias e a ausência de cultivo de soja na entressafra por meio do vazio sanitário, o monitoramento da lavoura desde o início do desenvolvimento da cultura, a utilização de fungicidas de forma preventiva e a utilização de cultivares com gene de resistência.

O controle químico ainda tem sido uma das principais medidas no manejo integrado da ferrugem asiática. Porém, o uso intensivo de fungicidas sítio-específicos, ou seja, com mesmo mecanismo de ação, desencadeou a ocorrência de mutações nas populações dos fungos, aumentando os indivíduos resistentes ou menos sensíveis. Assim, foi constatado que alguns fungicidas pertencentes aos grupos das estrubilurinas, triazóis e carboxamidas já perderam a eficiência no controle da ferrugem ao longo das últimas safras. Dessa forma, fungicidas

protetores com ação multissítio têm sido empregados como alternativa para o manejo de resistência, bem como melhoria nos níveis de controle da doença.

Outro fator fundamental durante as aplicações dos fungicidas tem sido o pH da calda de pulverização, o qual poderá influenciar na eficiência dos fungicidas no controle da ferrugem asiática. Segundo Rai e Kittrich (1999), nas regiões com águas minerais e alcalinas, o pH pode atingir níveis superiores a 9. Muitos produtos fitossanitários têm sua meia-vida hidrolítica reduzida quando misturados em água alcalina. Em geral, o limite inferior do pH está em 3,5. Abaixo deste valor, poderá ocorrer dissociação iônica e precipitação do produto, reduzindo sua solubilidade e, em consequência, causar má homogeneização na calda, aumentando os riscos de fitotoxicidade e menor eficácia.

Nesse sentido, ainda são escassas as informações pertinentes a compatibilidade entre fungicidas multissítios e sistêmicos, bem como informações reais sobre efeito do pH na calda de pulverização no controle da ferrugem asiática.

Dessa forma, o objetivo do estudo foi verificar interação entre fungicidas sítio-específicos e multissítios, bem como a eficácia dos fungicidas quando submetidos a diferentes níveis de pH na calda de pulverização, no controle da ferrugem asiática na cultura da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja (*Glycine max* L. Merril) pertence à família Fabaceae (leguminosa), é originária da China e foi expandida para todo o mundo, sendo cultivada em diversos países. O maior produtor de soja do mundo são os Estados Unidos, seguidos de Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai. A soja é a mais importante entre as espécies vegetais de oleaginosas e ocupa a primeira posição em termos de grão mais produzido, ficando à frente do milho, trigo e arroz (CONAB, 2017). A introdução da cultura no Brasil ocorreu no século XVIII e a expansão da área cultivada iniciou-se a partir da década de 60, pelo interesse em utilizar o grão (óleo) na dieta humana e pela demanda do mercado internacional (MUNDSTOK; THOMAS, 2005).

A maior produção mundial de soja é proveniente dos Estados Unidos, contando com uma produção de 117,208 milhões de toneladas em área plantada de 33,482 milhões de hectares. O Brasil é o segundo maior produtor ao representar produção de 113,92 milhões de toneladas e área plantada de 33,890 milhões de hectares. Nesse contexto de produção brasileira, o estado de Goiás ocupa a quarta posição ao contemplar produção de 10,81 milhões em área plantada de

3,35 milhões de hectares, atrás do Mato Grosso, que é o maior produtor brasileiro de soja representado por produção de 30,514 milhões de toneladas e área plantada de 9,32 milhões de hectares, seguido por Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2017).

Pelo fato da soja possuir alta adaptabilidade a diferentes latitudes, solos e condições climáticas, ela é considerada uma das plantas mais fáceis de serem cultivadas, porém seu potencial de produtividade dificilmente é alcançado por não serem tomados alguns cuidados essenciais. Entre os principais fatores que limitam a obtenção de altas produtividades, estão as doenças (ALMEIDA et al., 2005). Segundo Yorinori (1997), a cultura da soja tem 47 doenças de importância econômica que causam enorme prejuízo ao setor agrícola. A ocorrência de doenças na cultura é predominantemente relacionada a fatores edafoclimáticos no decorrer da instalação da cultura no campo, como, por exemplo, a temperatura e o período de molhamento, condições essas que propiciam o desenvolvimento de patógenos e assim permitem provocar prejuízos (ALMEIDA et al., 2014). Dessa forma, entre as principais doenças na cultura da soja, a ferrugem asiática se destaca por ser um dos patógenos que mais causa prejuízos e redução na produtividade, se não for adotado um manejo adequado para o seu controle.

2.2. Ferrugem asiática

2.2.1 Etiologia

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow é o agente causador da doença ferrugem asiática, o qual foi relatado pela primeira vez no Japão em 1902, onde o patógeno foi considerado endêmico (KITANI; INOUE, 1960). A ferrugem asiática provoca severos danos na região de clima tropical e subtropical na Ásia, que equivale ao sul da China, onde a soja é pouco plantada (TAN et al., 1996).

A cultura da soja é afetada por duas espécies do gênero *Phakopsora*, cuja denominação comum é a ferrugem asiática; uma é descrita como ferrugem asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, e a outra como ferrugem sul-americana ou ferrugem americana, causada por *Phakopsora meibomiae* (YORINORI et al., 2004).

O agente causal *P. pachyrhizi* é um patógeno biotrófico, também denominado de parasita obrigatório, que só se desenvolve em tecido vivo do hospedeiro. Mais de 90 espécies de leguminosas têm sido relatadas como hospedeiras de *P. pachyrhizi*, mas apenas aproximadamente 31 espécies são hospedeiras naturais e 60 espécies são hospedeiras artificiais, com infecções produzidas por inoculações (RYTTER et al., 1984; ONO et al., 1992). *P.*

pachyrhizi é um fungo basidiomiceto da ordem Uredinales, membro da família Melampsoraceae. A espécie é descrita pelas suas fases uredinal e telial (ONO; BURITICÁ; HENNEN, 1992). Na fase uredinal, são produzidos o urediniósporos responsáveis pela fase epidêmica da doença. São ovoides a elipsoides, sésseis, largos, com paredes de 18 a 34 por 15 a 24 μm de espessura (ALMEIDA et at., 2005). A fase telemórfica de *P. pachyrihizi* apresenta teliósporos irregularmente distribuídos em camadas de 2 a 7 esporos; as paredes dos teliósporos variam do amarelo ao pardo-claro, mas também podem ser hialinos, tendo espessura de 1,0 μm até 3,0 μm nos esporos mais externos da camada (HARMAN et al., 1999; HENNEN & REID, 2002; REIS et al., 2006).

A ocorrência da doença foi reportada pela primeira vez no continente americano em 1976 em Porto Rico (VAKILI; BROMFIELD, 1976), seguido pelo Havaí em 1994 (KILLGORE; HERU, 1994). O primeiro relato na América do Sul ocorreu no Paraguai, em fevereiro de 2001 (MOREL; YORINORI et al., 2002). A ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) foi diagnosticada pela primeira vez no Brasil no final da safra 2000/01. Já na safra 2001/02, encontrava-se nas principais regiões produtoras, causando perdas na ordem de US$ 24,70 milhões (YORINORI et al., 2002). Desde o seu surgimento, a doença encontra-se entre os mais importantes problemas para o agronegócio do Brasil. Em condições ótimas, as perdas na produtividade podem variar de 10% a 90% (LEMES; GAVASSONI, 2015), devido à desfolha precoce, que compromete a formação, o enchimento de vagens bem como o peso final dos grãos.

2.2.2 Sintomatologia

Qualquer estádio de desenvolvimento da planta pode apresentar os sintomas, sendo mais comuns em plantas nos estádios mais tardios do vegetativo ou após o florescimento, dependendo da época de semeadura e pressão de inóculo presente na região (LEMES & GAVASSONI, 2015; DIAS & BORGES, 2015). Assim, os sintomas também podem aparecer em estruturas da planta como cotilédones, folhas e hastes, sendo os sintomas foliares os mais característicos (ALMEIDA et al., 2005). Os sintomas iniciais da ferrugem asiática manifestados são caracterizados por minúsculas pontuações de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, mais fácil de serem observadas contra a luz, progredindo para lesões angulares de cor marrom-avermelhada ou marrom-escura.

Com o desenvolvimento do patógeno no interior dos tecidos, ocorre a formação de estruturas de frutificação do patógeno, conhecidas por urédias ou pústulas, sendo mais

abundantes nas folhas, principalmente na face abaxial, ocorrendo esporadicamente na face adaxial (CASSETARI NETO et al., 2010). Esporadicamente, as urédias podem aparecer na parte superior das folhas (ALMEIDA et al., 2005; GARCES, 2010). Os uredósporos, inicialmente de coloração hialina, tornam-se bege e acumulam-se ao redor do poro ou são levados pelo vento (YORINORI, 2002). À medida que se prossegue a esporulação, o tecido foliar ao entorno das urédias adquire coloração castanho avermelhada, formando lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTO, 2004).

No terço inferior das plantas (folhas baixeiras), normalmente são encontradas as primeiras lesões, próximo ou após ao florescimento, progredindo para as folhas do terço médio e superior (REIS et al., 2006). Em estádio avançado da doença, observa-se amarelecimento geral das folhas com intensa desfolha, comprometendo a formação e o enchimento de grãos (REIS et al., 2004). O aparecimento das lesões é frequentemente associado com a clorose e desfolha prematura que ocasiona o amadurecimento precoce da cultura, o que corrobora com redução significativa de produtividade (BROMFIELD, 1982; YORINORI et al., 2005). Os sintomas da ferrugem asiática podem ser denominados de lesões e não de pústulas como nas demais ferrugens, por conta da ocorrência de necrose do tecido foliar, sendo que em cada lesão podem existir várias pústulas (REIS et al., 2006).

2.2.3 Epidemiologia

A efetividade da infecção pela doença está relacionada a uma série de fatores que determinam a germinação de esporos, formação de apressório e penetração. Os principais fatores ambientais são temperatura e o molhamento foliar, exercendo função essencial, principalmente nos processos de germinação e de infecção na planta pelo patógeno (GOELLNER et al., 2010). O fungo *P.pachyrhizi* infecta a planta em temperatura variando de 15º a 28º, sendo necessário o mínimo de 6 horas de molhamento foliar (umidade na superfície da folha) (MELCHING et al., 1989). O molhamento foliar, seja por orvalho ou chuva, favorece o desenvolvimento da doença, sendo que períodos chuvosos intensificam a epidemia (TSCHANZ, 1982).

A dispersão do patógeno ocorre, principalmente, pelo vento, podendo atingir grandes distâncias. Os uredósporos, produzidos na fase uredinal, constituem o inóculo responsável pelas epidemias, pois são facilmente removidos das urédias quando as folhas estão secas, e carregados pelo vento, geralmente, durante o dia (REIS et al., 2006).

O processo de infecção se inicia após a deposição do esporo nas folhas sadias, assim ocorre a sua germinação e penetração direta através das células da epiderme (GOELLNER et al., 2010). A formação do apressório ocorre de 4 a 6 horas após a inoculação (ZAMBENEDETTI et al., 2007). O fungo *Phakopsora pachyrhizi* penetra no tecido do hospedeiro e inicia a formação de uma estrutura em forma de funil, designada cone apressorial, a partir do apressório. Esse cone é contíguo com a hifa de penetração que passa pela parede da célula epidérmica. Durante a penetração, a célula epidérmica colapsa, se desorganiza e mostra sinais de morte celular. Depois, a hifa cresce através da célula epidérmica e alcança o espaço intracelular; forma-se um septo que emerge da hifa primária. Esta pode formar um braço para formar uma hifa secundária e finalmente ocorre a diferenciação em células haustóricas mães (KOCHET et al.,1983).

2.3 Controle químico

O controle químico tem sido uma das estratégias mais empregadas na agricultura, pelo fato de prevenir infecção do patógeno que pode se instalar na cultura e ou erradicar infecção já instalada nos tecidos da planta hospedeira (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007). É uma medida que na maioria dos casos tem sido eficiente e economicamente viável, garantindo produção e qualidade do produto, principalmente quando é baseada em levantamento e conhecimento da ocorrência da doença e deve ser incluído em programas de manejo integrado (AMORIM et al., 2011).

Os fungicidas têm sua eficácia reduzida quando aplicados após o estabelecimento da ferrugem. Segundo Oliveira (2004), aumento no rendimento de até 100% são observados quando se realiza o controle da doença preventivamente. Em contrapartida, várias aplicações ao longo do ciclo da cultura podem se fazer necessárias, o que pode levar também à resistência do fungo *P. pachyrhizi* aos produtos químicos utilizados para seu controle (REIS; CARMONA, 2004). Portanto, FRAC (2017) também tem alertado para o favorecimento de populações menos sensíveis do patógeno, quando são realizadas as aplicações curativas. Além das épocas, intervalos e número de aplicações, o uso intensivo de fungicidas sítio-específicos pode ter como consequência a seleção de indivíduos dentro da população dos fungos, menos sensíveis ou resistentes, apesar da sua contribuição satisfatória no controle da ferrugem asiática (GODOY et al., 2016).

Aproximadamente 100 fungicidas possuem registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle dessa doença na soja. Entretanto, os principais modos de ação utilizados no controle de doenças na cultura da soja referentes aos fungicidas sítio-específicos são: metil benzimidazol carbamato (MBC), os inibidores da desmetilação (DMI), os inibidores de quinona oxidase (QoI) e os inibidores da succinato desidrogenase (SDHI) (GODOY et al., 2016).

Os fungicidas podem ser classificados em relação ao fator de sistemicidade na planta (protetores, sistêmicos ou mesostêmicos); momento da aplicação e as subfases do processo infeccioso (preventivo, curativo ou erradicativo); absorção do fungicida pelo esporo (contato ou residual); natureza química do produto (inorgânico, orgânico ou antibiótico) ou mecanismo de ação (ZAMBOLIM, 2006). Quando se considera parâmetros sobre o comportamento dos fungicidas na planta, os triazóis e as estrobilurinas apresentam interfaces para dois mecanismos, havendo triazóis extremamente seletivos e de alta translocação na planta até os menos seletivos e de baixa translocação na planta. Com relação às estrobilurinas, existem as mais sistêmicas, como a azoxistrobina, e as mesostêmicas (acumulam-se na cutina), que são de liberação lenta para a planta, como a trifloxistrobina (JULIATTI, 2001). Quanto ao modo de ação sobre fungos, existem os principais grupos químicos e fungicidas aplicados em áreas comerciais, como as estrobilurinas (QoIs) que são inibidores de respiração no complexo 3, citocromo bc1 (azoxistrobina, cresoxim-metílico, picoxistrobina, piraclostrobina, trifloxistrobina, metaminostrobina, dimosxistrobina); triazóis e triazolintione (DMIs) que são inibidores da síntese de ergosterol (ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, flutriafol, metconazol, propiconazol, protioconazol, tebuconazol e tetraconazol); carboxamidas (SDHIs) que são inibidores de respiração no complexo 2, succinato desidrogenase (bixafen, benzovindiflupir, boscalida, fluxapiroxade e indiflin) e protetores com ação multissítio, que são inibidores inespecíficos de reações bioquímicas, assim atuam em diversos processos vitais e metabolismo nas células dos fungos ao desencadear reações nas membranas, inibição da ação proteica e enzimática (FRAC, 2017).

2.3.1 Resistência a fungicidas

A resistência a fungicidas é definida como uma alteração herdável e estável em um fungo em resposta à aplicação de um fungicida, ocasionando uma redução da sensibilidade ao produto. O termo é usado para linhagens de fungos anteriormente sensíveis, que por meio de mecanismos

de variabilidade, como a mutação, reduziram significativamente a sensibilidade ao fungicida (EMBRAPA, 2002).

Fatores como base genética da resistência, características da linhagem resistente, a natureza do patógeno e a pressão de seleção exercida pelo uso de um mesmo fungicida com modo de ação específico influenciam a velocidade do desenvolvimento da resistência. A resistência adquirida pela população do patógeno ao produto é diretamente proporcional às doses aplicadas, à frequência de aplicação, ao grau de cobertura obtido, à persistência na cultura ou no solo e ao tamanho da área tratada (GHINI; KIMATI, 2000).

Fungicidas com modo de ação sítio-específico possuem maior risco para o desenvolvimento de resistência em relação aos fungicidas multissítios. No Brasil, já há casos confirmados de resistência / menor sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* aos fungicidas pertencentes aos grupos dos inibidores da desmetilação (DMIs), inibidores da quinona externa (QoIs) e inibidores da succinato desidrogenase (SDHIs) (SCHMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016). No decorrer das safras, desde a safra 2003 / 04, ensaios em rede e cooperativos são conduzidos para a comparação da eficiência de fungicidas e monitoramento da sensibilidade do fungo nas diferentes regiões. Dessa forma, considerando ambas as finalidades, tanto fungicidas compostos com mais de um ingrediente ativo, como ingredientes ativos isolados, também têm sido avaliados nos ensaios. Assim, tem sido observada redução de eficácia de alguns fungicidas, principalmente os pertencentes aos grupos triazóis e estrubilurinas (GODOY et al., 2017).

A resistência qualitativa, também denominada de oligogênica, é governada por um ou poucos genes dominantes e pode ser suplantada quando fungicidas com modo de ação específicos são empregados continuamente no campo (ZAMBOLIM, 2010) ou quando a resistência ao fungicida resulta de um gene de efeito maior, as subpopulações do patógeno são sensíveis ou altamente resistentes ao pesticida. A resistência, neste caso, resulta na total perda de controle da doença que não pode ser recuperado utilizando altas doses ou maior frequência de aplicação do fungicida (MCGRATH, 2004).

A resistência quantitativa, também denominada de multigênica, é governada por um conjunto de genes do patógeno com efeitos menores e relaciona-se mais com fungicidas com risco moderado (ZAMBOLIM, 2010), assim exibem um gradiente de sensibilidade ao fungicida dependendo do número de alterações nos genes. A resistência, neste caso, é vista como uma perda do controle da doença que pode ser recuperada pelo uso de doses mais elevadas ou aplicações mais frequentes (MCGRATH, 2004).

Outros termos sobre os tipos de resistência também são frequentemente usados para entender essa dinâmica em relação aos grupos químicos, como resistência tipo cruzada positiva, cruzada negativa e múltipla. A resistência cruzada positiva ocorre quando patógenos se tornam resistentes a um fungicida e automaticamente a outros fungicidas, pela mesma mutação gênica e pelo mesmo mecanismo de resistência. A resistência tipo cruzada negativa ocorre quando um patógeno se torna resistente a um fungicida e sensível aos outros fungicidas (BRENT, 2007). O terceiro tipo (resistência múltipla) ocorre quando um patógeno adquire resistência a mais de um grupo de fungicidas não relacionados, em sítios de resistência diferentes. Este tipo ocorre quando o patógeno é exposto aos fungicidas em questão e indivíduos mutantes são selecionados. Podemos citar como exemplo os triazóis e morfolinas (ZAMBOLIM et al., 2007). Uma vez que estes fungicidas devem ser capazes de penetrar nas plantas, e de forma seletiva matar os fungos invasores, estes fungicidas são criados para atingir enzimas ou proteínas específicas produzidas pelos fungos (MCGRATH, 2004).

A evolução da resistência também depende da sua frequência e grau. A frequência diz respeito à proporção da população que é composta por linhagens resistentes. O grau de resistência é a magnitude da diferença de sensibilidade das linhagens sensíveis e resistentes, sendo que ele pode ser expresso pelo Fator de Resistência, em que DL50 é a dose letal que causa mortalidade de 50 % da população e MCI é a mínima concentração inibitória (GHINI; KIMATI, 2002).

A resistência de fungos fitopatogênicos aos fungicidas DMIs é de natureza quantitativa, apresentando uma distribuição ligada à sensibilidade que eventualmente muda devido ao aumento da frequência de fenótipos/genótipos resistentes na população (DEKKER, 1987; KOLLER & SCHEINPFLUG, 1987; LINHARES & GHINI, 2001; BRENT & HOLLOMON, 2007; REIS et al., 2010). Sua natureza é poligênica, resultante de uma interação positiva de vários genes, contribuindo para diferentes níveis de resistência (SANGLARD et al., 1998b; LUPETTI et al., 2002). Mecanismos de resistência contra DMIs são variáveis e complexos, envolvendo mutações pontuais, superexpressão do gene alvo CYP51 e a regulação de transportadores de eflox (SCHMITZ et al., 2014).

Principal mecanismo relacionado com resistência de fungos a fungicidas de sítio-específico, como as estrobilurinas, é a alteração (mutação) no sítio de ação. A maior parte dos relatos de isolados resistentes a estrobilurinas indica que a mutação é monogênica (SIEROTZKI et al., 2000; GISI et al., 2002; BOLTON et al., 2013). Mutações no gene codificante para citocromo b (cytB) resultam em reduzida sensibilidade de *P. pachyrhizi* em função da alteração parcial do sítio alvo, reduzindo a afinidade de ligação desses fungicidas (GRASSO et al., 2006).

A mutação que resulta em maior fator de resistência (completa ou qualitativa), associada à total falta de controle da doença no campo, corresponde à mudança de glicina para alanina no códon 143 (G143A) (GISI et al., 2002; LEADBEATER, 2012).

De acordo com FRAC (2017), amostras de ferrugem asiática da soja vêm sendo testadas quanto a sua sensibilidade para SDHIs desde 2007 e pela primeira vez, na safra 2015/16 e particularmente na safra 2016/17, em áreas com histórico intensivo do uso de SDHIs e em condições de alta pressão da doença, foram detectados casos de redução de performance dessas substâncias. Em adição, a caracterização inicial das populações coletadas em 2015/2016 indicou uma mutação na subunidade C na posição 186F. Espécies de fungos podem apresentar mutações diferentes que afetam os SDHIs. Algumas mutações podem levar a diferentes níveis de sensibilidade, dependendo da estrutura química do ingrediente ativo.

Nesse contexto, na busca de estratégias de manejo contra a resistência do patógeno aos fungicidas, surge a alternativa de incorporação aos programas de controle fungicidas protetores com mecanismo de ação em múltiplos sítios, conferindo amplo espectro de controle. No entanto, o melhor desempenho e função desses produtos é alcançado quando da utilização com produtos sítio-específicos para aumentar o espectro de ação, aumentar eficácia de controle e reduzir o risco de resistência (GODOY et al., 2016).

2.3.2 Fungicidas multissítios

Fungicidas protetores de ação multissítio vêm sendo apontados por pesquisadores como alternativa para amenizar a resistência de fungos àqueles de ação sistêmica e sítio único (HORTA; ALBUQUERQUE, 2015). Dessa forma, os protetores (multissítios) têm sido recomendados de maneira mais expressiva para grandes culturas como soja, milho e algodão, visando o controle de fungos que criaram resistência a campo em decorrência do uso indiscriminado de fungicidas sistêmicos, sem rotação de princípio ativo.

Os fungicidas com modo de ação multissítio, desenvolvidos após a descoberta da calda bordalesa, são inibidores inespecíficos de reações bioquímicas, afetando um grande número de processos vitais, assim não podem penetrar e atuar sistematicamente dentro das plantas, pois seriam fitotóxicos (GHINI; KIMATI, 2002). Zambolim (2005) destaca que esses fungicidas atuam em múltiplos locais alvo, interferindo em numerosos processos metabólicos do fungo e, consequentemente, a resistência tem sido rara com este tipo de fungicida.

O número limitado de fungicidas com ação multissítio disponíveis para o controle de doenças na cultura da soja e a baixa eficiência de ingredientes ativos isolados dificultam a

utilização de estratégias de manejo de resistência como a rotação de modos de ação. Portanto, o uso de fungicidas multissítios pode ser uma opção tanto de controle da ferrugem asiática quanto de estratégia antirresistência (GODOY, 2016).

Segundo McGrath (2004), a adoção de fungicidas multissítios é uma estratégia importante que pode contribuir para reverter a diminuição da sensibilidade a fungicidas DMIs e QoIs. Fungicidas com maior espectro de ação podem ser aliados no controle da ferrugem asiática (GULLINO et al., 2010). São encontrados relatos do uso desses fungicidas para aumentar o espectro de ação de programa de controle contendo sítio-específico (GODOY et al., 2016). A alta adaptabilidade de fungos nos campos de soja dificulta o controle da ferrugem asiática com fungicidas e, conforme relatado acima, a diminuição da eficácia é cada vez mais evidente (SCHMITZ et al., 2014). Devido ao alto risco de resistência ao fungicida combinado com o uso de DMIs e QoIs aplicados isolados ou em combinação, os pesquisadores estão trabalhando para encontrar novas moléculas a serem incorporadas no controle da ferrugem asiática (ORTIZ, 2015). Ensaios cooperativos em rede têm sido conduzidos para verificar a contribuição dos fungicidas de ação multissítio combinados aos de sítio-específicos (GODOY et al., 2016).

Fungicidas protetores (multissítios) ou de contato são efetivos somente se aplicados de forma preventiva à penetração do patógeno no hospedeiro, impedindo ou reduzindo as chances de ocorrência da doença. Quando são aplicados na superfície dos órgãos vegetais, agem como uma barreira tóxica, evitando a penetração de fungos pela inibição da germinação dos esporos e do tubo germinativo (GARCIA, 1999).

Os fungicidas multissítios podem ser classificados como inorgânicos e orgânicos. Os protetores inorgânicos contemplam o grupo químico dos cúpricos à base de cobre e os sulfurados à base de enxofre, enquanto os protetores orgânicos contemplam o grupo químico dos ditiocarbamatos, nitrogenados heterocíclicos e triclorometiltico, e os aromáticos moleculares como as nitrilas.

Dentro do contexto dos fungicidas classificados como protetores inorgânicos, a calda bordalesa, Oxicloreto de Cobre e Sulfato de Cobre são bastante utilizados e possuem um largo espectro de ação contra fungos e bactérias. Sua ação é erradicante protetora, atuando especificamente sobre a germinação dos esporos e então inativando enzimas essenciais-Grupo SH da meionina (BALARDIN, 2017). Fungicidas metálicos, como os cúpricos, também abrangem reações como grupos sulfídricos, mas simultaneamente inibem sacarase, catalase, arginase, beta-glicosidase, etc (GARCIA, 1999). Os fungicidas pertencentes ao grupo químico do enxofre, os sulfurados, também são classificados como inorgânicos. Esses fungicidas

conferem alta eficiência no controle dos oídios, atuando como curativos ou terapêuticos. São eficientes também como acaricidas. Seu mecanismo de ação é na cadeia respiratória (transporte de elétrons). O enxofre age como competidor de receptores de hidrogênio, rompendo as reações normais de hidrogenação e desidrogenação (GHINI; KIMATI, 2002).

Com relação aos protetores orgânicos, pertencentes ao grupo químico ditiocarbamatos, à base de maneb, zineb, mancozeb, esses fungicidas apresentam baixo grau de fitotoxicidade, alto efeito fungitóxico e estabilidade, amplo espectro de ação, porém não atua em oídio. São utilizados no controle do maior número de doenças e culturas, e possuem efetiva aderência e espalhamento (BALARDIN, 2017). Essas moléculas controlam um grande espectro de microrganismos dos Reinos Fungi e Stramenopila (sin. Chormista), podendo ser indicadas de acordo com seu índice monáfrico para diversas culturas (AGROFIT, 2018). Seu mecanismo de ação se dá através da inativação de enzimas essenciais. Reagem com as enzimas sulfidrílicas e outros compostos sulfidrílicos (-SH) envolvidos na respiração e presentes em muitas estruturas de fungos, bloqueando o processo e levando os microrganismos a morte. Além disso, podem inibir um grande número de enzimas e, portanto, interferir em muitos processos metabólicos da célua fúngica (ZAMBOLIM, 2008). Testes de ditiocarbamatos fenóis e vários sais metálicos, sobre enzimas que dependem de grupos sufidrílicos, cobre e ferro, mostram notável inibição da atividade em mais da metade das possíveis combinações enzima-fungicida, comprovando a capacidade dos fungicidas reagirem indiscriminadamente com os grupos prostéticos comuns nas enzimas (BALARDIN, 2017). Os dimetilditiocarbamatos formam quelatos tóxicos, atuando diretamente sobre locais de ligação de metais essenciais ou sobre grupos sulfidrílicos vitais; em concentrações elevadas, competem com enzimas sulfidrílicas, sendo particularmente ativos sobre a desidrogenase de triose fosfato. Fluazinam atua como desacoplador da fosforilação oxidativa. Suspeitava-se da inibição da síntese de quitina como alvo específico da ação de pencycuron, fungicida altamente seletivo a *Rhizoctonia solani* e *Pellicularia* spp (GHINI; KIMATI, 2002).

Dentro do mesmo contexto de protetores classificados como orgânicos, existem os fungicidas pertencentes ao grupo químico dos Nitrogenados heterocíclicos e Triclorometiltico, à base de Captan e Captafol. Esses fungicidas podem ser usados no tratamento de sementes, solo, pré-colheita e em pulverização. Seu mecanismo de ação se deve também em função da inativação de enzimas essenciais. Captan, diclone e clorotalonil podem inibir simultaneamente muitas enzimas e coenzimas, particularmente as que contêm grupos sulfídricos, afetando inespecificamente um grande número de processos metabólicos. Um terceiro importante grupo de protetores orgânicos são os aromáticos moleculares, os fungicidas Fenólicos (dinocap), nitro-

benzeno halogenados (dicloran), PCNB (pentacloronitrobenzeno) e nitrilas (clorotalonil e docline). Atuam na permeabilidade de membranas e inativação de enzimas essenciais (BALARDIN, 2017). O clorotalonil se destaca por ser um dos fungicidas mais utilizados em cereais, sendo um protetor de contato do grupo das ftalonitrilas de amplo espectro e controla grande número de fungos em diversas culturas de importância agrícola. O fungicida age na inibição da respiração nas células dos fungos, devido à rápida ligação da molécula do clorotalonil com vários grupos sulfidrílicos, que estão em várias partes dos aminoácidos que compõem as células dos fungos. Estes aminoácidos são integrantes das enzimas, que são inativadas, pois o seu aminoácido correspondente será bloqueado pelo clorotalonil. Ao serem desativadas, as proteínas enzimáticas não podem completar sua ação no ciclo de Krebs e o ATP (fosfato rico em energia) não é mais produzido. Dessa maneira, os processos essenciais para a sua formação e viabilidade não são completados e as células dos fungos morrem (ISK IOSCIENSES, 1995).

Entre os protetores orgânicos, outros fungicidas como à base de estanho, entre os principais trifenil acetato de estanho, trifenil hidróxido de estanho, fungicida derivado do dinitrofenil binapanil, fungicida derivado do diclorofenil, iprodione, vinclozolin, fungicida derivado de antraquinona dithianon, fungicida fosforado edifurfós, também são muito utilizados (BALARDIN, 2017).

Intracelularmente, cada uma das centenas de enzimas pode ser alvo de inibição pelos fungicidas protetores. Além da fungitoxicidade inerente, os fungicidas protetores, para serem eficientes, dependem de características que, de acordo com Horsfall (1945), devem ser quimicamente reativas, mas não se decompor facilmente pela ação de fatores do ambiente; devem reagir num meio aquoso, mas sem se hidrolisar sobre o hospedeiro, nem se lixiviar pela ação da primeira chuva; devem ser capazes de se espalhar por toda a superfície a ser protegida, mas sem formar uma camada tão fina que comprometa a sua eficiência; devem ser capazes de redistribuir-se durante as chuvas, de modo a cobrir áreas não atingidas pelos depósitos iniciais, mas não devem escorrer excessivamente com essas chuvas, nem com a água de pulverização; devem ser suficientemente molháveis a ponto de os depósitos serem facilmente levados pelas águas das chuvas (GARCIA, 1999).

2.4 pH da água e calda de aplicação

A sigla “pH” significa potencial hidrogeniônico (quantidade de prótons H+), que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. Sendo assim, o pH define o grau de alcalinidade ou acidez de uma solução, numa escala de 0 a 14, em que 7,0 significa neutralidade.

A qualidade da água é fundamental na eficácia de produtos fitossanitários (GASSEN, 2010). Dessa forma, vários fatores podem comprometer a estabilidade e eficiência dos produtos fitossanitários, como: origem e composição química da água, por ser veículo diluente mais utilizado nas aplicações de agrotóxicos, e o pH, por afetar a estabilidade e o nível de dissociação do ingrediente ativo, bem como a estabilidade física das caldas (ARAÚJO, 2002). Nas regiões com águas minerais e alcalinas, o pH pode atingir níveis superiores a nove. Muitos produtos fitossanitários reduzem sua meia-vida hidrolítica quando misturados em água alcalina (GASSEN, 2010).

A água pura tem um pH 7,0, mas o normal é que, por dissoluções diversas, o pH seja alterado. Quando o solo é ácido, a água local também é acidificada. A correção do solo ou sua fertilização tendem alterar o valor do pH, frequentemente para a faixa alcalina. Água com pH mais alcalino pode provocar perdas do ingrediente ativo por hidrólise (WOLF et al., 1976).

Em geral, o limite inferior do pH está em 3,5. Abaixo deste valor, poderá ocorrer dissociação iônica e precipitação do produto, reduzindo sua solubilidade e, em consequência, causando má homogeneização na calda, aumentando os riscos de fitotoxicidade. O pH da água pode influenciar os resultados dos tratamentos, uma vez que na hidrólise, que degrada diversos ingredientes ativos de defensivos, o nível de dissociação do ingrediente ativo e a estabilidade física da calda dependem do pH (VELLOSO; SOUZA, 1996). Da mesma forma, grupos funcionais dos produtos fitossanitários são atacados pelos íons dispersos na calda química (WOLF et al., 1976) e em alguns desses casos, o produto final gerado pode ser mais tóxico que o original (HIRATA et al., 2003).

O acréscimo de produtos fitossanitários à água tende a formar uma calda com valores diversos de pH. A prática normal é de se analisar o valor do pH em caldas a 1 % (KISSMANN, 1988). O indicativo que define o pH em que o produto apresenta inativação é denominado de pka, que é a constante de ionização em meio ácido. É comum na literatura técnica encontrar tabelas contendo pH ideal de ação (HANNA INSTRUMENTS, JACTO MÁQUINAS AGRÍCOLAS) para os mais variados produtos fitossanitários. Contudo, ainda faltam estudos que atestem de fato a interferência do pH na eficiência esperada de cada formulação**.** A

neutralização de íons presentes na água e o abaixamento do pH podem ser realizados acrescentando-se alguns adjuvantes, antes da colocação dos defensivos no depósito das máquinas aplicadoras. Muitos produtos comerciais já contêm na sua formulação substâncias tamponantes, que se destinam a manter o pH da calda mais próximo do ideal, independentemente do pH da água utilizado (VELLOSO; SOUZA, 1996).

2.4.1 Influência do pH da água na eficiência dos fungicidas

Os defensivos agrícolas podem se apresentar, em dissolução, como moléculas íntegras ou dissociadas, na forma de íons. As dissociações são dinâmicas, até um ponto de equilíbrio, que depende principalmente do pH da solução. A absorção do defensivo pelas folhas, e sua própria atividade, dependem do estado das moléculas. Por isso o pH da solução tem influência no grau de eficiência (KISSMANN, 1988). A persistência do ingrediente ativo pode ser reduzida em função do pH da água (QUEIROZ et al., 2008). Reações químicas decorrentes da hidrólise alcalina foram descritas como uma das principais causas de perda de eficiência das moléculas dos produtos fitossanitários. Quando além do defensivo a solução contém outros elementos, podem ocorrer reações, alterando a estrutura molecular e, consequentemente, a eficiência. Isso é definido como compatibilidade ou incompatibilidade química (SILVA & MOSCARDI, 2002; HIRATA et al., 2003; SANCHOTENE et al., 2007).

Normalmente, valores extremos de pH podem afetar a estabilidade física do fungicida. A eficiência de misturas de fungicidas no pulverizador é pouco relatada na literatura, porém frequentemente utilizada na prática (BLUM et al., 2002). Cada formulação apresenta características de máxima eficiência de acordo com o pH. Quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação dos produtos fitossanitários por hidrólise alcalina e sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions ou ânios. O valor ideal para cada produto fitossanitário depende de suas características químicas, principalmente o pka (valor de pH em que 50% das moléculas estão ionizadas). Nesses produtos fitossanitários, a influência da redução do pH próximo a 5 se reflete no aumento dos índices de controle (SANCHOTENE et al., 2007) e na persistência do i.a. (GUZVÀNY et al., 2006). WOLF et al. (1976) mostraram que o fungicida captan teve redução de eficiência em pH acima de 7,8. Conforme SchampHeleire (2009), a maioria dos fungicidas necessitam de pH entre 5 e 7.

Quanto à estabilidade do ingrediente ativo, muitos compostos químicos, quando preparados com água, sofrem degradação por hidrólise, cuja velocidade é dependente do pH. A

meia-vida de alguns ingredientes ativos, em níveis de pH, pode variar, como, por exemplo, o captan: em níveis de pH da calda 9, 7 e 5, possui meia-vida de 12 minutos, 8 horas e 37 horas, respectivamente. De um modo geral, a maioria dos fungicidas e outros produtos fitossanitários apresentam maior eficiência quando as caldas são pouco ácidas, com pH 6,0 a 6,5 (KISSMANN, 1998).

Portanto, a correção do pH em caldas de pulverização, que normalmente é para reduzir o pH, pode ser conseguida pela adição de um ácido fraco ou diluído. Numa calda, entretanto, existem sais com um poder tampão que em pouco tempo voltam a afetar o pH. Por isso, além de acrescentar um ácido, deve-se acrescentar um sal adequado, que por seu poder tampão mantenha o pH dentro de uma faixa adequada. Como acidificante, pode se recomendar o ácido fosfórico e como tamponante, o fosfato ácido de sódio (KISSMANN, 1998).

Contudo, poucos estudos científicos têm sido conduzidos no sentido de comprovar e ou determinar faixa ideal de pH que contribui na eficiência de fungicidas. Conforme Zambolim (2007), os fungicidas empregados no controle de doenças de plantas, de um modo geral, requerem pH em torno de 5,0 para que sejam eficientes. Porém, estudos visando obter informações sobre a influência do pH na eficácia de fungicidas ainda são escassos e deficitários.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e condução dos experimentos

Os experimentos foram instalados e conduzidos na safra 2015/2016 na área experimental da Campos Pesquisa Agrícola, localizada no CPA (Centro de Pesquisa Agrícola) em Rio Verde, Goiás, nas seguintes coordenadas geográficas: 17°46'56.32"S e 50°59'53.26"O, altitude de 763 m. O solo da área é classificado como argiloso (48 % de argila, 36 % de areia e 15 % de silte).

A cultura foi estabelecida sob sistema de semeadura direta e utilizou-se a cultivar de soja Monsoy 7739 IPRO, suscetível a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), recomendada e representativa em cultivos na região. A semeadura foi realizada no dia 13/12/2015 com densidade de 16 plantas/m (visando população de 300 mil plantas ha^{-1}). A colheita foi realizada 15/04/2016 a fim de mensurar a produtividade e peso de mil grãos.

A adubação foi realizada conforme padrão na propriedade. O manejo fitossanitário de plantas daninhas (dessecação e pós-emergente), o tratamento de sementes e o controle de pragas foram realizados de acordo com a necessidade do experimento.

3.2 Delineamento experimental do ensaio associação de multissítios

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, composto por 12 tratamentos e 1 controle (testemunha) (Tabela 1) em 4 repetições, empregando-se o esquema fatorial (3 x 4) + 1. Para a determinação dos fatores, foi considerada a avaliação dos três fungicidas sítio-específicos aplicados isoladamente (impirfluxam, impirfluxam + tebuconazol e piraclostrobina + fluxapiroxade) e a interação deles com três fungicidas protetores de ação multissítio (mancozeb, oxicloreto de cobre e clorotalonil), tratamento sem aplicações de multissíttios e mais controle que não recebeu aplicação de fungicidas. Cada parcela (unidade experimental) foi constituída por 8 fileiras de plantas com 5,0 m de comprimento e espaçadas de 0,5 m, totalizando 20 m². Para compor a área útil de cada parcela, considerou-se 4 fileiras centrais, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade, perfazendo área de 8 m².

Tabela 1. Descrição dos tratamentos: fungicidas sítio-específicos utilizados, aplicados isoladamente ou em associação com multissítios, visando o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja. Rio Verde, Goiás, 2018.

Ingrediente ativo		**Dose (g i.a. ha^{-1})^{2}**		**Dose (mL-g p.c. ha^{-1})^{3}**	
S	**M**	**S**	**M**	**S**	**M**
impirfluxam*	-	30	-	75	-
	mancozeb		1125		1500
	oxicloreto de cobre		294		500
	clorotalonil		1080		1500
impirfluxam + tebuconazol*	-	30 + 100	-	500	-
	mancozeb		1125		1500
	oxicloreto de cobre		294		500
	clorotalonil		1080		1500
piraclostrobina + fluxapiroxade**	-	58 + 116	-	800	-
	mancozeb		1125		1500
	oxicloreto de cobre		294		500
	clorotalonil		1080		1500

[1)] SC: Suspensão Concentrada; [2)] g i.a. ha^{-1}: gramas de ingrediente ativo por hectare; [3)] mL-g p.c. ha^{-1}: mililitros ou gramas do produto comercial por hectare. Adicionado adjuvantes: *Nimbus 0,6 L p.c./ha; **Assist 0,5 L p.c./ha. Momento das aplicações: (A) R1; (B) R1 + 14 DAA; (C) R1 + 28 DAA. Sítio-específico (**S**); Multissítio (**M**)

3.3 Dados das aplicações do ensaio associação de multissítios

Tabela 2. Condições ambientais durante as aplicações dos tratamentos.

Variáveis	1ª Aplic. (R1) 07/03/2016		2ª Aplic. (R1+14) 21/03/2016		3ª Aplic. (R1+28) 04/04/2016	
	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
Horário (h)	19:37	19:58	18:07	18:26	10:26	10:56
Temperatura (ºC)	27,2	26,0	26,2	25,9	28,5	29,5
Umidade relativa (%)	61,4	62,8	71,0	76,6	57,1	56,6
Vel. máx. vento (km h^{-1})	6,9	6,9	2,9	3,4	3,0	2,8
Nebulosidade (%)	50	50	100	100	0	5

Para a aplicação foliar, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO_2, contendo uma barra de três metros de comprimento e seis pontas de pulverização do tipo leque duplo TTJ60-11002, espaçados a 50 cm. O volume de calda utilizado foi equivalente a 150 L ha^{-1}.

3.4 Delineamento experimental do ensaio pH da calda de pulverização

As parcelas foram dispostas no delineamento experimental de blocos casualizados, contendo 16 tratamentos e 1 controle (testemunha) (Tabela 1), em 4 repetições, adotando-se esquema fatorial (4 x 4) + 1. Os fatores foram atribuídos em função da interação de 4 fungicidas (impirfluxam, impirfluxam + tebuconazol, trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + benzovindiflupir) e 4 níveis de pH da calda de pulverização (3.0; 4.5; 6.0 e 7.5), mais um tratamento controle (testemunha). Cada parcela foi constituída por 8 fileiras de plantas com 5,0 m de comprimento e espaçadas de 0.5 m, totalizando 20 m². Para a área útil da parcela, considerou-se 4 fileiras centrais, eliminando-se 0.5 m de cada extremidade, perfazendo área de 8 m².

Tabela 3. Descrição dos tratamentos: 4 fungicidas x 4 níveis de pH da calda de pulverização, visando o controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Rio Verde, Goiás, 2018.

Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha^{-1})[1]	Dose (mL-g p.c. ha^{-1})[2]	Valores de pH
impirfluxam*	30	75	3,0
			4,5
			6,0
			7,5
impirfluxam + tebuconazol*	30 + 100	500	3,0
			4,5
			6,0
			7,5
trifloxistrobina + protioconazol**	60 + 70	400	3,0
			4,5
			6,0
			7,5
azoxistrobina + benzovindiflupir*	60 + 30	200	3,0
			4,5
			6,0
			7,5

[1)] g i.a. ha^{-1}: gramas de ingrediente ativo por hectare; [2)] mL-g p.c. ha^{-1}: mililitros ou gramas do produto comercial por hectare.
Adicionados adjuvantes: *Nimbus 0,6 L p.c./ha; **Áureo 0,25% v/v.
Momento das aplicações: (A) R1; (B) R1 + 14 DAA; (C) R1 + 28 DAA.

3.5 Dados das aplicações do ensaio pH da calda de pulverização

Tabela 4. Condições ambientais durante as aplicações dos tratamentos.

Variáveis	1ª Aplic. (R1) 07/03/2016		2ª Aplic. (R1+14) 21/03/2016		3ª Aplic. (R1+28) 04/04/2016	
	Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
Horário (h)	19:37	19:58	18:07	18:26	10:26	10:56
Temperatura (ºC)	27,2	26,0	26,2	25,9	28,5	29,5
Umidade relativa (%)	61,4	62,8	71,0	76,6	57,1	56,6
Vel. máx. vento (km h^{-1})	6,9	6,9	2,9	3,4	3,0	2,8
Nebulosidade (%)	50	50	100	100	0	5

No momento do preparo da calda, antes de cada aplicação, foi utilizado o aparelho pHmetro Digital PG2000 para medição de pH da calda e estabelecer os níveis de pH. Para obter os níveis de pH propostos, foi utilizada a solução de Ácido L-Lático ($C_3H_6O_3$) a 20% para aumentar a acidez na calda de pulverização e solução de NaOH a 5% para diminuir a acidez.

Para a aplicação foliar, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO_2, contendo uma barra de três metros de comprimento e seis pontas de pulverização do tipo leque duplo TTJ60-11002, espaçados a 50 cm. O volume de calda utilizado foi equivalente a 150 L ha^{-1} e a pressão do pulverizador mantida a 30 lb pol^{-2}.

3.6 Características avaliadas

As variáveis avaliadas foram severidade da doença (% de área lesionada), área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) pela severidade, eficácia relativa, seletividade, desfolha, peso de mil grãos, rendimento e incremento relativo de produtividade.

Para a obtenção da severidade, foi avaliada a porcentagem de área foliar lesionada em duas partes da planta (inferior e superior), seguindo-se a escala diagramática proposta por Canteri & Godoy (2003) (Anexo 3). Foram realizados seis pontos de amostragem por área útil. Durante as avaliações para a severidade da doença, preconizou-se avaliar trifólios dispostos na mesma altura da planta em todos os tratamentos. Para isso, contabilizou-se o número de nós das plantas: para a metade inferior, avaliou-se o trifólio do terceiro nó de baixo para cima; já para a metade superior, avaliou-se o trifólio do segundo nó, completamente exposto, de cima para baixo. Quando ocorreu a desfolha no terço inferior, avaliou-se o primeiro trifólio de baixo para cima, sendo a altura do trifólio determinada em função das plantas das parcelas testemunhas.

Em seguida, foi calculada a severidade média na planta. Os dados médios de severidade foram utilizados para cálculo da AACPD: Σ (yi + yi+1) /2 * (ti+1 – ti), em que Yi e Yi+1 são os valores de severidade observados em duas avaliações consecutivas e ti+1-ti, o intervalo entre duas avaliações, conforme proposto por Shaner & Finney (1977).

Para obter a eficácia relativa dos fungicidas (controle), foi considerado o valor de AACPD obtido na testemunha como 100%, conforme proposto por Abbott (1925).

A seletividade dos fungicidas foi realizada atribuindo-se notas conforme proposto na escala descritiva e diagramática de Campos & Silva (2012) (Anexo II). As notas foram atribuídas de acordo com os níveis de fitotoxidade nas folhas das plantas em cada parcela.

A avaliação de intensidade de desfolha foi realizada em R6, independente da desfolha ocorrida na testemunha, com base na porcentagem visual de desfolha.

O rendimento da cultura foi estimado com base na colheita da área útil da parcela ao término do experimento, sendo que cada parcela foi colhida manualmente e trilhada em trilhadora estacionária. Em seguida, obteve-se o peso de mil grãos e da produtividade (kg ha^{-1}), sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%. O percentual de incremento de produtividade foi calculado em relação à testemunha, considerando-se a produtividade obtida nessa parcela igual a 100%.

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância. Foi aplicado o teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal doença diagnosticada nos ensaios e com base na sintomatologia em campo foi a ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*).

As condições ambientais foram extremamente importantes para a ocorrência e o desenvolvimento da ferrugem asiática nas plantas de soja. As precipitações nos meses de dezembro a abril foram de 335,8; 457,4; 323,8 e 309,4 mm, respectivamente (figura 2), e boa distribuição no período. Isso proporcionou umidade adequada às plantas e para a infecção pelo patógeno. As temperaturas médias no período (novembro a fevereiro) se mantiveram entre 23 e 25^{o}C, tornando-se também favoráveis à infecção nas plantas e rápida evolução da doença.

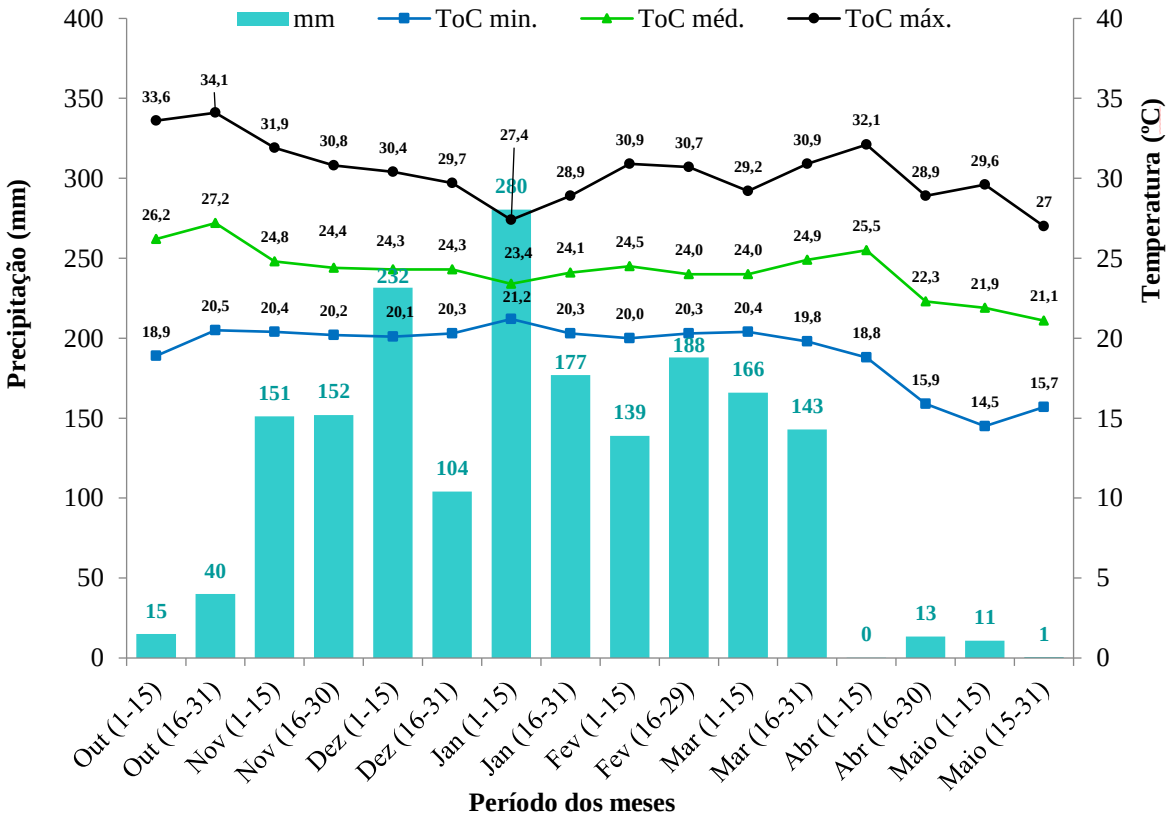


Figura 1. Precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima), em intervalos de 15 dias nos meses de outubro de 2015 a maio de 2016, no local do ensaio, safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

4.1 Associação de fungicidas multissítios

Nas primeiras avaliações realizadas em R1 (07/03/2016) e R4 (17/03/2016), foram verificadas severidades da ferrugem asiática nas plantas testemunhas de 2,0% e 7,87 %, respectivamente. Nas demais avaliações, realizadas durante os estádios fenológicos de R5.3 (27/03/2016) a R5.4 (05/04/2016), verificou-se progresso significativo da doença nas plantas testemunhas, sendo que a severidade média na última avaliação foi igual a 84,91% (Figura 2).

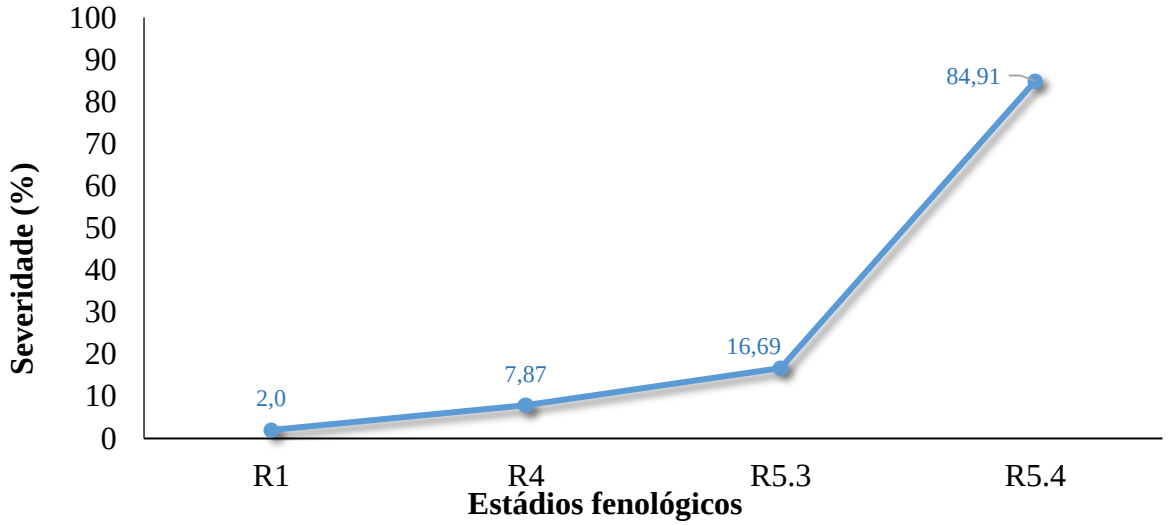


Figura 2. Progresso da ferrugem asiática na testemunha a partir do estádio fenológico R1 a R5.4, no ensaio com associação de multissítios. Rio Verde, Goiás, 2018.

Nos resultados da análise de variância constatou-se significância para a maioria das variáveis analisadas (Tabela 5). Verificou-se significância entre os fungicidas sítio-específicos para todas as variáveis e entre os multissítios para as variáveis AACPD, desfolha (%) e produtividade (kg/ha). Ocorreu interação da associação do fungicida sítio-específico ao multissítio no controle da ferrugem asiática, com significância em todas as variáveis analisadas, exceto produtividade de grãos (kg/ha) onde essa interação não foi constatada. Os resultados sugerem que aplicação de fungicidas sítio-específicos com os multissítios pode contribuir na redução do progresso da ferrugem asiática e desfolha.

A redução significativa da severidade da ferrugem asiática também foi observada por Godoy et al. (2016), através de aplicações com multissítios associadas ao fungicida sítio-específco picoxistrobina + ciproconazol (60 + 24 g i.a. ha^{-1}), sendo que a menor severidade foi

constatada pela combinação com mancozebe na dose de 2000 g i.a. ha^{-1}, seguido de clorotalonil na dose de 1080 g i.a. ha^{-1}.

Tabela 5. Resumo da análise de variância da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), porcentagem de desfolha, peso de mil grãos (PMG), produtividade (kg ha^{-1}) e desdobramento da interação fungicidas sítio-específicos x fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fontes de Variação	GL[1]	Quadrado Médio (QM)			
		AACPD	Desfolha (%)	PMG	Produtividade (kg ha^{-1})
Fungicidas (F)	2	17248**	2365**	2672**	7508039**
Multissítios (M)	4	1055**	72**	126^{ns}	252423**
Interação F x M	8	338**	74**	21*	90414^{ns}
Fatores vs controle	1	736632**	1632**	6007**	12608298**
Resíduo	45	1159	7,47	119	44105
CV %		4,52	4,26	8,36	8,81

[1]Graus de Liberdade.
** significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.
* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.
ns não significativo, pelo teste F.

Quanto à variável AACPD, analisando apenas o desempenho dos fungicidas sítio-específicos individualmente, sem associação aos multissítios, menor progresso da doença foi observado com o fungicida impirfluxam + tebuconazol (Tabela 6). Por outro lado, o maior progresso da doença foi verificado com o fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina, com valores de eficácia igual a 89 % e 74 %, respectivamente. Todos os fungicidas sítio-específicos avaliados diferiram significativamente entre si, e apresentaram valores superiores ao tratamento controle sem aplicações de fungicidas (testemunha).

Entre os fungicidas multissítios, o controle mais efetivo da ferrugem asiática foi proporcionado por clorotalonil, sendo significativamente superior aos demais fungicidas. O oxicloreto de cobre não apresentou redução satisfatória da severidade da ferrugem, sendo semelhante à média dos fungicidas sítio-específicos aplicados isoladamente sem associação com multissítios (Tabela 6).

Em relação a interação dos fungicidas sítio-específicos com os multissítios, para impirfluxam constatou-se incremento de controle da ferrugem de forma mais satisfatória quando associado ao clorotalonil, diferindo de forma significativa da associação com mancozeb e oxicloreto de cobre, que não diferiram entre si e também em relação ao impirfluxam isoladamente (Tabela 6). Para impirfluxam + tebuconazol, observou-se expressivo controle da

ferrugem asiática independentemente das combinações com os multissítios que não diferiram significativamente do fungicida aplicado isoladamente.

A maior contribuição dos multissítios na redução do progresso da doença foi constatada no tratamento composto de fluxapiroxade + piraclostrobina, uma vez que esse fungicida aplicado isoladadamente apresentou maiores valores de AACPD comparado aos demais fungicidas isolados. Assim, todas as combinações do fluxapiroxade + piraclostrobina com multissítios, com destaque para clorotalonil, seguido por mancozeb, diferiram significativamente do fungicida aplicado isolado, apresentando valores menores de progresso (Tabela 6).

Tabela 6. Valores da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e eficácia relativa (%) em função das aplicações dos fungicidas sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/16. Rio Verde, Goiás, 2018.

	Fungicidas sítio-específicos	**Fungicidas multissítios**				**Média**
		-	**mancozeb**	**oxicloreto de cobre**	**clorotalonil**	
1)	impirfluxam	77 bA	78 bA	82 bA	59 bB	76 b
	impirfluxam + tebuconazol	58 cBC	53 cC	63 cAB	57 bBC	60 c
	fluxapiroxade + piraclostrobina	138 aA	111 aC	120 aBC	91 aD	117 a
	Médias	91 A	81 B	89 A	69 C	
	Controle (Testemunha)	527				
	CV %	4,52				
2)	impirfluxam	85,40	85,12	84,28	88,66	85,86
	impirfluxam + tebuconazol	88,96	89,91	87,97	89,05	88,97
	fluxapiroxade + piraclostrobina	73,69	78,88	77,11	82,74	78,10
	Médias	82,68	84,63	83,12	86,61	
	Controle (Testemunha)	0				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
1) AACPD; **2)** Eficácia relativa (%).

Não se constatou sintomas de fitotoxicidade na soja, cultivar Monsoy 7739 IPRO, em função das aplicações dos fungicidas sítio-específicos isoladamente ou associados aos multissítios, de acordo com a escala descritiva e diagramática de Campos & Silva (2012) (Anexo I).

Quanto a porcentagem de desfolha, menores índices foram proporcionados pelo fungicida impirfluxam + tebuconazol, impirfluxam, seguido por fluxapiroxade + piraclostrobina. Para porcentagem de desfolha, todos os fungicidas sítio-específicos, não

levando em consideração as combinações com os multissítios, diferiram significativamente entre si, com valores de desfolha variando de 60 % para impirfluxam + tebuconazol e 73 % para fluxapiroxade + piraclostrobina (Tabela 7).

Para a interação dos fungicidas sítio-específicos com os multissítios, verificou-se que impirfluxam associado aos três multissítios testados (mancozeb, oxicloreto de cobre e clorotalonil) apresentaram resultados de desfolha semelhantes, porém proporcionaram menor desfolha em relação ao impirfluxam isolado. Não foi observada contenção significativa da desfolha quando o fungicida impirfluxam + tebuconazol foi aplicado em associação com mancozeb e oxicloreto de cobre em relação ao impirfluxam + tebuconazol aplicado isolado, diferentemente do que foi observado nas combinação do fungicida com clorotalonil (Tabela 7). Para o fungicida fluxapiroxade + piraclostrobina, embora o valor de desfolha tenha sido o mais alto em comparação aos demais fungicidas sítio-específicos, nenhuma associação com multissítio proporcionou menor desfolha em relação à aplicação isolada do fungicida.

Tabela 7. Valores de porcentagem de desfolha em função das aplicações dos fungicidas de sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fungicidas sítio-específicos	**Fungicidas multissítios**				**Médias**
	-	**mancozeb**	**oxicloreto de cobre**	**clorotalonil**	
impirfluxam	66 bA	55 bBC	57 bB	57 bB	57 b
impirfluxam + tebuconazol	60 cA	58 bA	56 bAB	52 cB	55 b
fluxapiroxade + piraclostrobina	73 aBC	71 aC	75 aABC	79 aA	75 a
Médias	66 A	61 B	62 B	63 B	
Controle (Testemunha)	83				
CV %	4,26				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No rendimento da cultura, para a característica peso de mil grãos, impirfluxam + tebuconazol se destacou proporcionando o maior valor, enquanto que o uso de impirfluxam isolado se apresentou numa faixa intermediária, e fluxapiroxade + piraclostrobina proporcionou o menor valor. Não foi identificada resposta no aumento do peso de mil grãos (PMG) em função da interação de fungicidas sítio-específicos com nenhum dos multissítios avaliados (Tabela 8).

Tabela 8. Valores de peso de mil grãos (PMG) em função das aplicações dos fungicidas sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/16. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fungicidas sítio-específicos	Fungicidas multissítios				Médias
	-	mancozeb	oxicloreto de cobre	clorotalonil	
impirfluxam	128 abA	137 abA	129 abA	139 abA	134 b
impirfluxam + tebuconazol	143 aA	144 aA	143 aA	146 aA	144 a
fluxapiroxade + piraclostrobina	116 bA	123 bA	121 bA	125 bA	121 c
Médias	129 A	135 A	131 A	137 A	
Controle (Testemunha)	93				
CV %	8,36				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Já para produtividade de grãos, não houve significância para interação dos fungicidas sítio-específicos com os multissítios. No entanto, considerando as médias entre os fungicidas sítio-específicos, independentemente das associações, todos os fungicidas diferiram significativamente entre si, com valores de produtividade variando de 3034 kg ha^{-1} para impirfluxam + tebuconazol e 1829 kg ha^{-1} para fluxapiroxade + piraclostrobina (Tabela 9). A mesma observação foi atribuída para as médias entre os multissítios, independentemente das combinações. Apenas mancozeb e clorotalonil proporcionaram resultados de produtividade superiores à média dos fungicidas sítio-específicos aplicados sem a associação de multissítios. Quanto ao incremento de produtividade em relação à testemunha, levando em consideração a interação dos fungicidas sítio-específicos com os fungicidas multissítios, para impirfluxam variou de 279,9 a 308,6 % em relação ao fungicida isolado e associado ao clorotalonil, respectivamente; para impirfluxam + tebuconazole variou de 342,3 a 362,1 %, que representam o fungicida isolado ou em combinação com mancozeb; para fluxapiroxade + piraclostrobina variou de 99,8 a 217,0 %, sendo os valores correspondentes ao fungicida isolado e associado a mancozeb (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de produtividade (kg ha^{-1}) e incremento relativo em função das aplicações dos fungicidas sítio-específicos isolados ou em associação com os fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/16. Rio Verde, Goiás, 2018.

	Fungicidas sítio-específicos	**Fungicidas multissítios**				**Médias**
		-	**mancozeb**	**oxicloreto de cobre**	**clorotalonil**	
1)	impirfluxam	2521	2665	2562	2712	2628 b
	impirfluxam + tebuconazol	2935	3067	3008	3061	3034 a
	fluxapiroxade + piraclostrobina	1326	2104	1852	2074	1829 c
	Médias	2261 B	2612 A	2474 AB	2615 A	
	Controle (testemunha)	663				
	CV %	8,81				
2)	impirfluxam	279,9	301,5	286,0	308,6	294,0
	impirfluxam + tebuconazol	342,3	362,1	353,3	361,2	354,7
	fluxapiroxade + piraclostrobina	99,8	217,0	179,0	212,5	236,1
	Médias	240,6	293,5	272,7	294,1	
	Controle (Testemunha)	0				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
1) Produtividade (kg ha^{-1}); **2)** Incremento relativo.

4.2 Influência do pH da calda de pulverização

Nas primeiras avaliações realizadas em R1 (07/03/2016) e R4 (17/03/2016), foram verificadas severidades da ferrugem asiática nas plantas testemunhas de 2.0% e 7.19 %, respectivamente. Nas demais avaliações, realizadas durante os estádios fenológicos de R5.3 (27/03/2016) a R5.4 (05/04/2016), verificou-se progresso significativo da doença nas plantas testemunhas, sendo que a severidade média na última avaliação foi igual a 83.28% (Figura 3).

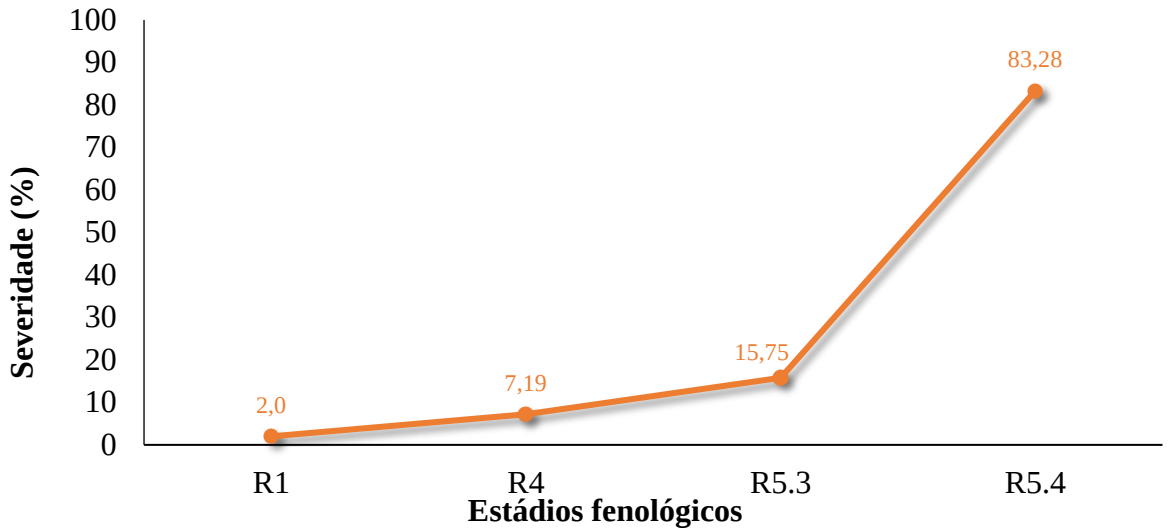


Figura 3. Progresso da ferrugem asiática na testemunha a partir do estádio fenológico R1 a R5.4, no ensaio de influência do pH da calda de pulverização. Rio Verde, Goiás, 2018.

Observou-se significância em relação a interação entre os fungicidas aplicados e os valores de pH na calda de pulverização para características como área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e percentual de desfolha. Não houve significância para PMG e produtividade, quanto a interação dos fatores. Ao analisar, separadamente, fungicidas e influência do pH da calda da pulverização, verificou-se que houve significância para todas as características avaliadas, exceto PMG (Tabela 10).

Tabela 10. Resumo da análise de variância da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), porcentagem de desfolha, peso de mil grãos (PMG), produtividade (kg/ha) e desdobramento da interação Fungicidas x pH da calda no controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fontes de Variação	GL[1]	Quadrado Médio (QM)			
		AACPD	Desfolha (%)	PMG	Produtividade (kg/ha)
Fungicidas (F)	3	23883**	1095**	144^{ns}	1324560**
pH da calda (P)	3	15346**	589**	370*	1043689**
Interação F x pH	9	410**	45**	91^{ns}	54358^{ns}
Fatores vs controle	1	258132**	2548**	12337**	17477417**
Resíduo	48	129	9,22	99	152542
CV %		4,60	4,25	8,28	8,72

[1]Graus de Liberdade.
** significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.
* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.
ns não significativo, pelo teste F.

Quanto ao progresso da doença, expresso pela AACPD, analisando apenas o desempenho dos fungicidas, os menores valores foram proporcionados pelos fungicidas impirfluxam + tebuconazol e protioconazol + trifloxitrobina. Por outro lado, o maior progresso da doença foi verificado com benzovindiflupir + azoxistrobina. Todos os fungicidas apresentaram menor progresso da ferrugem asiática e diferiram significativamente do tratamento controle sem aplicações de fungicidas (testemunha) (Tabela 11).

Entre os níveis de pH da calda de pulverização estudados, o melhor controle da ferrugem asiática ocorreu quando utilizou a calda de fungicida contendo pH 6,0 seguido da calda com pH 7,5; sendo significativamente superior aos níveis de pH 3,0 e 4,5. O fungicida impirfluxam + tebuconazol obteve eficácia acima de 80% no controle da ferrugem asiática, quando utilizou a calda de pulverização com pH 6.0 (Tabela 4). Contudo, ao analisar o progresso da doença entre os fungicidas, verificou se que benzovindiflupir + azoxistrobina apresentou o maior valor de progresso da doença, com base na AACPD, diferindo significativamente entre os demais, isso quando submetido aos valores de pH 3,0; 4,5 e 6,0 na calda de pulverização. Os fungicidas impirfluxam + tebuconazol e protioconazol + trifloxitrobina se destacaram, quanto submetidos a todos valores de pH, proporcionando redução mais expressiva da severidade da ferrugem. Para o pH 7,5 os mesmos fungicidas, seguidos pelo impirfluxam isolado, obtiveram melhor controle da ferrugem comparado ao benzovindiflupir + azoxistrobina.

Levando em consideração a eficácia de cada fungicida em função dos diferentes níveis de pH da calda de pulverização, todos os fungicidas apresentaram menores progressos da ferrugem quando utilizou calda de pulverização com pH 6,0 (Tabela 11).

Gonçalves (2015) relatou que, de modo geral, os fungicidas apresentam melhor eficácia em pH de 6,0 a 6,5, exceto a calda bordalesa e a calda sulfocálcica, que normalmente apresentam pH 7,0 à ligeiramente alcalino.

Os fungicidas impirfluxam + tebuconazol e impirfluxam isolado, em calda de pulverização com pH 6,0 e 7,5, apresentaram desempenho mais significativo em relação aos demais valores de pH avaliados (3,0 e 4,5), e diferiram significativamente entre si, pois o pH 6.0 na calda influenciou de forma mais favorável na eficácia dos fungicidas. Os fungicidas protioconazol + trifloxistrobina e benzovindiflupir + azoxistrobina, submetidos ao pH 6,0 da calda, evidenciaram valores da AACPD semelhantes ao pH 7,5 e apresentaram eficácia superior no controle da ferrugem asiática comparada aos valores de pH 3,0 e 4,5. Os valores de pH 3,0 e 4,5 da calda de pulverização não diferiram entre si ao analisar o desdobramento para todos os fungicidas testados (Tabela 11).

De acordo com Thiesen et al. (2017), a maioria dos fungicidas são efetivos em pH igual 5,0, e como exemplo cita o mancozeb, grupo químico ditiocarbamato. Ainda segundo os autores a eficiência desse fungicida (ou seja, vida útil, conforme mencionaram) é intimamente influenciada pelo pH da calda. Portanto, em pH 5,0 a vida útil desse fungicida é de 20 dias, em pH 7,0 de 17 horas e em pH 9,0 de apenas 34 minutos. Também para o ingrediente ativo carbendazin, do grupo químico benzimidazol, o qual apresenta vida média em pH 5,5 de 30 horas e em pH 7,0 de apenas 12 minutos.

No entanto, para os fungicidas avaliados no presente trabalho, os valores de pH inferiores a 6,0 foram os que mais influenciaram na eficácia dos fungicidas.

Tabela 11. Valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função das aplicações dos fungicidas submetidos a diferentes níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fungicidas	**pH**				**Médias**
	3	**4,5**	**6**	**7,5**	
1) impirfluxam	261 bAB	273 bA	203 bC	248 bB	246 b
impirfluxam + tebuconazol	235 bA	249 bA	170 cC	185 cB	210 c
protioconazol + trifloxistrobina	245 bA	255 bA	195 cB	201 cB	224 c
benzovindiflupir + azoxistrobina	321 aA	320 aA	276 aB	288 aB	301 a
Médias	266 A	275 A	213 C	232 B	
Controle (Testemunha)	920				
CV %	4,33				
2) impirfluxam	72	70	78	73	73
impirfluxam + tebuconazol	74	78	85	81	80
protioconazol + trifloxistrobina	73	72	79	77	75
benzovindiflupir + azoxistrobina	65	65	70	69	67
Médias	71	71	78	75	
Controle (Testemunha)	0				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
1) AACPD; **2)** Eficácia relativa (%).

Não foram observados sintomas visíveis de fitotoxicidade nas plantas da cultivar Monsoy 7739 IPRO, em função das aplicações dos fungicidas em diferentes níveis de pH da calda de pulverização. Portanto, nesse estudo o pH na calda não influenciou na fitotoxidez, de acordo com a escala descritiva e diagramática de Campos & Silva (2012).

A eficácia dos fungicidas para ferrugem-asiática se relacionam a retenção foliar, assim os fungicidas com menor severidade da doença (impirfluxam + tebuconazole e protioconazol + trifloxistrobina), consequentemente, apresentaram menor porcentagem de desfolha, independentemente do pH da calda de pulverização. No entanto, o fungicida benzovindiflupir

+ azoxistrobina, submetido aos valores de pH 3,0, 4,5 e 6,0 da calda, foi menos eficaz na contenção da desfolha comparado aos fungicidas impirfluxam + tebuconazol, impirfluxam e protioconazol + trifloxitrobina que não diferiram entre si quanto a porcentagem de desfolha (Tabela 12). Os mesmos aspectos de maior porcentagem de desfolha para benzovindiflupir + azoxistrobina em relação aos demais fungicidas é identificado nos níveis de pH 7,5.

Ao analisar desfolha de cada fungicida em função dos níveis de pH, observa-se que, para impirfluxam + tebuconazol e impirfluxam isolado, menor porcentagem de desfolha foi obtida apenas pelo pH 6,0 da calda de pulverização em relação aos demais valores de pH. Em relação aos fungicidas protioconazol + trifloxitrobina e benzovindiflupir + azoxistrobina, não se diferiram quando submetidos a níveis de pH 6,0 e 7,5 da calda, porém semelhantes entre si e com menor desfolha em relação aos demais níveis de pH 3,0 e 4,5 (Tabela 12).

Tabela 12. Valores de porcentagem de desfolha em função das aplicações dos fungicidas submetidos a diferentes níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fungicidas	**pH**				**Médias**
	3	**4,5**	**6**	**7,5**	
impirfluxam	61 bA	63 bA	51 bB	61 aA	59 b
impirfluxam + tebuconazol	58 bA	58 bA	42 bB	48 bA	52 c
protioconazol + trifloxistrobina	56 bA	60 bA	42 bB	43 cB	51 c
benzovindiflupir + azoxistrobina	71 aA	71 aA	65 aB	67 aAB	69 a
Médias	62 A	63 A	50 C	55 B	
Controle (Testemunha)	84				
CV %	5,12				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação à variável peso de mil grãos (PMG), não foi observado interação entre os fungicidas e níveis de pH da calda utilizados (Tabela 13). Considerando os valores das médias de PMG para cada fungicida e nível de pH, apenas o pH 4,5 e 6,0 diferiram significativamente entre si, quando se observou peso de mil grãos igual a 145 g e 156 g, respectivamente (Tabela 13).

Tabela 13. Valores de peso de mil grãos (PMG) em função das aplicações dos fungicidas submetidos a diferentes níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fungicidas	pH				Médias
	3	4,5	6	7,5	
impirfluxam	159	141	159	153	153 a
impirfluxam + tebuconazol	147	151	163	150	153 a
protioconazol + trifloxistrobina	144	145	154	153	149 a
benzovindiflupir + azoxistrobina	143	144	150	151	147 a
Médias	148 AB	145 B	156 A	152 AB	
Controle (Testemunha)	93				
CV %	6,77				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores mais altos de produtividade foram obtidos pelo fungicida impirfluxam + tebuconazol (3.198 kg ha-1) que não diferiu significativamente de impirfluxam e protioconazol + trifloxistrobina, e proporcionou produtividade superior comparado ao fungicida benzovindiflupir + azoxistrobina (2.493 kg ha-1). Para diferentes níveis de pH de calda, maior resposta de produtividade foi encontrada com o pH 6,0 (3.136 kg ha-1), embora não diferindo do pH 7,5; proporcionou significativamente maior produtividade quando comparado aos tratamentos com níveis de pH 4,5 e 3,0 (Tabela 14). Quanto ao incremento de produtividade em relação à testemunha, levando em consideração a interação dos fungicidas com os níveis de pH da calda de pulverização, para impirfluxam, variou de 267,3% a 376,9% em relação ao nível de pH 3,0 e 6.0, respectivamente. Para impirfluxam + tebuconazol, variou de 339,5% a 385,9%, que também representa a interação com os níveis de pH 3,0 e 6,0; para protioconazol + trifloxistrobin, variou de 265,8% a 359,1%, sendo os valores correspondentes aos níveis de pH 4,5 e 6,0; para benzovindiflupir + azoxistrobina, variou de 223,9% a 286,5%, novamente sob influência dos níveis de pH 3,0 e 6,0, respectivamente (Tabela 14). De modo geral, considerando os fungicidas utilizados, o melhor controle da ferrugem ocorreu em calda com pH 6,0 seguido de 7,5, o que refletiu diretamente no incremento de produtividade das plantas de soja. Já as caldas com pH 3,0 e 4,5 proporcionaram menor eficácia dos fungicidas utilizados e refletiu em menores incrementos de produtividade.

Tabela 14. Valores de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e incremento relativo (%) em função das aplicações dos fungicidas sob níveis de pH da calda no controle da ferrugem asiática. Safra 2015/2016. Rio Verde, Goiás, 2018.

Fungicidas	pH				Médias
	3	4.5	6	7.5	
1) impirfluxam	2555	2575	3317	3013	2865 a
impirfluxam + tebuconazol	3057	3105	3380	3249	3198 a
protioconazol + trifloxistrobina	2610	2544	3193	3025	2843 ab
benzovindiflupir + azoxistrobina	2253	2379	2654	2688	2493 b
Médias	2619 C	2651 BC	3136 A	2994 AB	
Controle (testemunha)	695				
CV %	14,34				
2) impirfluxam	267.3	270.2	376.9	333.1	311.8
impirfluxam + tebuconazol	339.5	346.5	385.9	367.1	359.7
protioconazol + trifloxistrobina	275.3	265.8	359.1	308.7	302.2
benzovindiflupir + azoxistrobina	223.9	242.1	281.6	286.5	258.4
Médias	276.5	281.1	350.8	323.8	
Controle (Testemunha)	0				

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.
1) Produtividade (kg ha^{-1}); **2)** Incremento relativo.

5. CONCLUSÕES

5.1 Associação de fungicidas multissítios:

- Impirfluxam + tebuconazol proporcionou o menor progresso da ferrugem-asiática, tanto isolado como associado a multissítios.
- Todas as associações com fungicidas multissítios, com destaque para clorotanolil e mancozeb, proporcionaram incremento de controle da ferrugem e obtiveram maiores porcentagens de contribuição com fluxapiroxade + piraclostrobina que, isolado, apresentou o maior progresso da doença.
- As associações de impirfluxam + tebuconazol proporcionaram maior produtividade, independentemente do multissítio utilizado. Todas as associações com multissítios obtiveram incrementos de produtividade, independentemente do sítio-específico utilizado. Verificou-se maiores incrementos nas associações com clorotalonil e mancozeb.

5.2 Influencia do pH da calda de pulverização

- O pH da calda de pulverização afetou significativamente a eficácia dos fungicidas no controle da ferrugem asiática, sendo que os valores mais baixos do pH (3,0 e 4,5) provocaram redução da eficácia dos fungicidas utilizados;
- O pH 6,0 da calda de pulverização proporcionou maior eficácia no controle da ferrugem asiática pelos fungicidas utilizados e proporcionou maiores incrementos de produtividade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALMEIDA, R. DE; GARCÉS-FIALLOS, F. R.; FORCELINI, C. A. Ocorrência e intensidade de doenças foliares e ciclo de cultivo em seis cultivares de soja durante duas épocas de semeadura. **Ciencia y Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 13-21, 2014.

ALMEIDA, A. M. R.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed). **Manual de Fitopatologia:** doenças das plantas cultivadas, 4 ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 569-588.

AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN F.A. **Manual de Fitopatologia:** princípios e conceitos. v.1. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 2011. 704p.

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. **Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultora brasileira**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 11 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 11).

ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G. Efeito da qualidade da água e da adição de adjuvantes no pH de caldas de fungicidas. In: IX REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 2002, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Unesp - Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento de Produção Vegetal, 2003, p.01.

BALARDIN, R. S. et al. **Mancozeb: muito além de um fungicida**. Porto Alegre: Bookman, 2017, 58 p.

BLUM, L.E.B., REIS, E.F., PRADE, A.G. & TAVELA, V.J. Fungicidas e mistura de fungicidas no controle do oídio da soja. **Fitopatologia Brasileira,** v. 27, n. 2 p. 216-218, 2002.

BOLTON, M. D.; RIVERA, V.; SECOR, G. Identification of the G143A mutation associated with QoI resistance in *Cercospora beticola*. Field isolates from Michigan, United States. **Pest management science,** v. 69, p 35-39, 2013.

BRENT, K. J.; HOLLOMON, D. W. . **Fungicide resistance in crop pathogens: How can it be managed?** 2 ed, FRAC Monography 1, 2007. p.1-56.

BROMFIELD, K. R. **Soybean rust**. St. Paul: American pHytopathological Society, 1984. 65p

CAMPOS, H. D., SILVA, L. H. C. P. **Escala descritiva e diagramática para avaliação de fitotoxidez em função da intensidade de cloroses e / ou bronzeamentos e necroses foliares causadas por fungicidas**. Rio Verde, Goiás, 2012, 2p.

CANTERI, M. G.; GODOY, C. V. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 1, p. 89, 2003.

CASSETARI NETO, D.; MACHADO, A. Q.; SILVA, R. A. **Manual de doenças da soja**. São Paulo: Cheminova Brasil LTDA, 2010. 57p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2016/2017**. Brasília: Décimo Segundo Levantamento, 2017. v. 4, n. 12, p. 1-158.

DE SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABR IELS, D.; SPANOGHE, P.; Effects on pesticide spray drift of the pHysicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 10, n. 5, p. 409-420, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri /v37n2/1809-4430-eagri-37-02-0292.pdf > Acessado em 13/02/2018.

DEKKER, J. Development of resistance to modern fungicides and strategies for its avoidance. In: Lyr H, (Ed.) **Modern selective fungicides. Propeties, applications and mechanism of action**, New York: Longman Scientific & Technical, 1987. p. 39-52.

DIAS, A. R.; BORGES, E. P., Soja: produção, patologias e manejos no Brasil. In: LEMES, E.; CASTRO, L.; ASSIS, R. **Doenças da soja – Melhoramento genético e Técnicas de Manejo**. Campinas-SP: Ed. Millennium, 2015. p. 349-363.

FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **Global crop Protection Organization.** Brussels: FRAC Disponível em: < www.gcpt.org/frac>. Acesso em 10 dez 2017.

GARCÉS, F. R. **Efeito de programas de aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem, no seu controle e na área foliar da soja.** 2010. 100f. Dissertação de Mestrado em Agronomia/Fitopatologia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

GARCIA, A. **Fungicidas I: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos.** Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999. 32p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Documentos, 46).

GASSEN, F.R. **Efeito de acidez da água sobre produtos fitossanitários**. Informativo 061, 2010. 5p. Disponível em: <http://www.terraaviacao.com.br/061AguapH.pdf>. Acesso em 14/02/2018.

GONÇALVES, B.; GARRIDO, L. R.; BOTTON, M. **Vinte e cinco recomendações técnicas para o viticultor controlar melhor as doenças e pragas da videira.** Rio Grande do Sul: EMBRAPA, 2015. 36 p. (EMBRAPA: Circular Técnica 1160)

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicida**. 1º ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78p.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicida**. 2º ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78p.

GISI, U.; SIEROTZKI, H.; COOK, A.; MCCAFFERY, A. Mechanisms influencing the evolution of resistance to Qo inhibitor fungicides. **Pest management Science,** v. 58, p. 859-867, 2002.

GODOY, C.V. et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja*, PHakopsora pachyrhizi,* na safra 2015/16: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Embrapa Soja: Londrina, 2016. 6p. (EMBRAPA: Circular técnica, 119).

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

GODOY, C.V. et al. **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem-asiática da soja, *PHakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina: EMBRAPA, 2016. 6p. (EMBRAPA: Circular Técnica 121)

GODOY, C.V. et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, PHakopsora pachyrhizi, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina: EMBRAPA, 2017. 10p. (EMBRAPA: Circular Técnica 129)

GOELLNER, K.; LOEHRER, M.; LANGENBACH, C.; UWE CONRATH, U.; KOCK, E.; SCHAFFRATH, U. *PHakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 11, p. 169-177, 2010.

GRASSO, V. et al. Cytochrome b gene structure and consequences for resistance to Qo inhibitor fungicides in plant pathogens. **Pest Management Science**, v. 62, p. 465–472, 2006.

GULLINO, M. L. et al. Mancozeb, past, present and future. **Plant Disease**, v. 94, n. 9, p.1076-1087, 2010.

GUZSVANY, V.; CSANADI, J.; GAAL, F. NMR Study of the influence of pH on the persistence of same neonicotinoids in water**. Acta Chim. Slov**., v. 53, p. 52-57, 2006.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of Soybean Diseases**, 4 ed., Minnesota: APS Press, 1999. 100p.

HENNEN, J.; REID, F. NPAG Data: *Phakopsora pachyrhizi* Australasian Soybean Rust. Draf – December 9, 2002.

HIRATA, R.; SKORTZARY, B.; NARCISO, E.S. Avaliação da degradação de inseticidas, em função do pH, utilizando *DrosopHila melanogaster* e teste de inibição enzimática. **Arquivos do Inst. Biol**. v. 70, n. 3, p. 359-365, 2003.

HORTA, A.; ALBURQUERQUE, L. Um novo fungicida protetor, de ação multissitio vem sendo apontado por pesquisadores como alternativa para reduzir o problema de resistência de fungos. **Notícias agrícolas**. 2015. Disponível em: <http://www.noticiasagricolas.com.br /videos/soja/153443-o-problema-da-resistencia-dos- produtos-no-controle-de-doencas-em-culturas-como-soja-milho-e-algodao.html#.V- E30_krLIU>. Acesso em: 18/02/2018.

HORSFALL, J. G. **Fungicides and their action**. Waalthom: Chronica Botanica, 1945. 239p.

ISK BIOSCIENSES. **Bravonil: fungicida de amplo espectro.** São Paulo: ISK BIOSCIENSES, 1995. 16 p. (ISK BIOSCIENSES: Boletim Técnico).

JULIATTI, F.C. **Modo de ação dos fungicidas sobre plantas e fungos**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2001. Disponível em: < ttps://pt. scribd.com/document/126313066/Modo-de-acao-dos-fungicidas >. Acesso em: 20/12/2017.

KILLGORE, E.; HEU, R. First report of soybean rust in Hawaii. **Plant Disease**, v. 78, p. 1216. 1994

KISSMANN, K.G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B. (Org). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias,** Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.

KITANI, K.; INOUE, Y. Studies on soybean rust and its control measure. Part 1. Studies on the soybean rust. **Shikoku Agric. Exp. Stn. Bull.**, v. 5, p. 319-342, 1960

KLOSOWSKI, A. C.; MAY DE MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *PHakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1211–1215, 2016.

KOCH, E.; EBRAHIMNESBAT, F.; HOPPE, H. H.; Light and electron-microscopic studies on the development of soybean rust (*PHakopsora pachyrhizi* Syd) in susceptible soybean leaves. **Phytopathology**, v. 106, p. 302-320, 1983.

KOLLER, W.; SCHEINPFLUG, H. Fungal Resistance to Sterol Biosynthesis Inhibitors: A New challenge. **Plant disease,** v. 71, p. 1066-1074, 1987.

LEADBEATER, A. Resistance risk to QoI fungicides and anti-resistance strategies. In: Thind TS, (Ed.). Fungicide resistance in crop protection: risk and management. Oxfordshire. **CAB International.** 2012. p. 141-154.

LEMES, E.; GAVASSONI, W. L. Ferrugem asiática da soja. In: LEMES, E.; CASTRO, L.; ASSIS, R. **Doenças da soja – Melhoramento genético e Técnicas de Manejo**. Campinas-SP. Ed. Millennium, 2015. p. 35-51.

LINHARES, A. I.; GHINI, R. **Resistência de fungos fitopatogênicos a fungicidas inibidores da demetilação (DMI): uma revisão**. 1 Ed. Jaguariúna, Brazil: Embrapa Meio Ambiente, 2001.

LUPETTI, A.; DANESI, R.; CAMPA, M.; TACCA, M. D.; KELLY, S. Molecular basis of resistance to azole antifungals. **Trends in molecular medicine**, v. 8, p. 76-81, 2002.

MCGRATH, M. T. What are Fungicides. **The Plant Health Instructor**, 2004. Trans. Piérri Spolti, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicidesPort.aspx>. Acessado em: 18/02/2018

MELCHING, J. S. et al. Effect of duration, frequency, and temperature of leaf wetness period on soybean rust. **Plant Disease**, v. 73, p. 117-122, 1989.

MOREL, W.; YORINORI, J. T. **Situación de la roya de oja en el Paraguay**. Centro Regional de Invesgatigación Agrícola- CRIA, Capitam Miranda. (Boletín Divulgativo, 44), 2002. 4p.

MUNDSTOK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam a crescimento e o rendimento de grãos.** Porto Alegre: Departamento de plantas de lavoura da Unniversidade Federal do Rio Grande Sul, Evangraf, 2005. 21p.

OLIVEIRA, S. H. F. Época de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática (*PHakopsora pachyrhizi*) da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29 Supl.,2004. 295p.

ONO, Y.; BURITICÁ, P.; HENNEN, J. F. Delimitation of *PHakopsora, PHysopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycological Research**, v. 96, p. 825-850, 1992.

ORTIZ, R. B. P. **Multi fungicides associated with DMs and QoIs: a new strategy to control asian soybean rust**. 2015, 43f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 9-19, 2008.

RAI, D.; KITTRICH, J. A. Mineral equilibria and the soil system. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. **Mineral in soil environments** 2. ed. Madison: SSSA, 1999. p. 161-198.

REIS, E. M.; CARMONA M. **La roya de la soja**. Buenos Aires: [S.n.], 2004. 20p.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I: Ferrugem asiática.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. 48p.

REIS, E. M. et al. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 6. ed. Passo Fundo: UPF Editora, 2010. 225p.

RYTTER, J. L.; DOWLER, W. M.; BROMFIELD, K. R. Additional alternative hosts of *PHakopsora pachyrhizi*, casual agent of soybean rust. **Plant Disease**, v. 68, n. 9, p. 818-819, 1984.

SANCHOTENE, D. M.; DORNELLES, S. H. B.; CAPITANIO, J. R.; MEZZOMO, R. F.; GONÇAVELS, R. A. Influência de sais e do pH da água na eficiência de Imazethapyr + Imazapyc no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha.** V. 25, n.2, p. 415-419, 2007.

SANGLARD, D.; ISCHER, F.; CALABRESE, D.; MICHELI, M. D.; BILLE, J. Multiple resistance mechanisms to azole antifungals in yeast clinical isolates. **Drug resistance updates** v. 1, p. 255-265, 1988.

SCHMITZ, H. K. et al. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone outside inhibitors and demethylation inhibitors and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 70, p. 378-388, 2014.

SIEROTZKI, H.; WULLSCHLEGER, J.; GISI, U. Point mutation in cytochrome b gene conferring resistance to strobilurin fungicides in *ErysipHe graminisf. sp tritici* field isolates. **Pesticide Biochemistry and Physiology** v. 68, p. 107-112, 2000.

SILVA, M. T. B.; MOSCARDI, F. Field efficacy of the nucleopoliedrovirus of Anticarsia gemmatalis hubner (Lepidoptera: Noctuidae: Effect of formulations, water pH, volume time of application anda type of spray nozzle. **Neotropical Entomololy,** v. 31, n. 111, p 75-83, 2002.

SILVA , F. A. S., AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res.**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016

TAN, Y.J.; YU, Z.; YANG, C.Y. **Soybean rust**. Beijing: China Agricultural Press, 1996. 99p.

THIESEN, R., MOREIRA, C. R. Eficiência no uso de adjuvantes na aplicação de fungicida na cultura de milho segunda safra. **Rev. Cultivando o Saber**, Ed. Especial, p. 144-154, 2017.

TSCHANZ, A.T; TSAI, B.Y. Effect of maturity on soybean rust development. **Soybean Rust Newsletter**, v. 5,1982.

VAKILI, N. G.; BROMFIELD, K. R. *PHakopsora pachyrhizi*, rust on soybean and other legumes in Puerto Rico. **Plant Disease**, v. 60, p. 995-999, 1976.

VELLOSO, J. A. R. O.; SOUZA, R. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizador de barra. In: GUEDES, J.C. et al. **Tecnologia e segurança na aplicação de**

produtos fitossanitários: curso de atualização. Departamento de Defesa Fitossanitária / Sociedade de Agronomia de Santa Maria. p. 31-60. 1996.

WOLF, N. L.; ZEPP, R. G.; DOSTER, J. C.; HOLLIS, R. C. Captan Hidrolysis. **J. Food Chem**. v. 24, n. 5, p. 1041-1045, 1976.

YORINORI, J. T. **Controle integrado de doenças de soja.** In: Resultados de pesquisa da soja. [s. 1]: Embrapa/CNPSo, 1997. 83 p.

YORINORI, J. T;, WILFRIDO, M. P. **Ferrugem asiática: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow**. Londrina: Embrapa, 2002.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; FERNANDEZ, P. F. T. 2002. Ferrugem asiática (*PHakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2001/01 e 2001/02. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 2002. p. 94.

YORINORI, J. R.; NUNES JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem asiática da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina/PR: Embrapa Soja, 2004. 36 p.

YORINORI, J.T. A ferrugem asiática da soja no continente americano: evolução, importância econômica e estratégias de controle. In: JULIATTI, C.F.; POLIZEL, C.A.; HAMAWAKI, T.O. 1. Ed**. I Workshop brasileiro sobre a ferrugem asiática: Coletânea**. Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 21-37.

YORINORI, J.T.; PAIVA, W.M.; FREDERICK, R.D.; COSTAMILAN, L.M.; BERTAGNOLLI, P.F.; HARTMAN, G.L.; GODOY, C.V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (PHakopsora pachyrhizi) in Brazil and Paraguay from 2001 and 2003. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.

ZAMBOLIM, L., Manejo integrado da ferrugem asiática da soja. In: Zambolim, L. (Ed.). **Ferrugem asiática da soja**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006. p. 73-98.

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, W. S.; OLIVEIRA, S. H. F. **Manejo da resistência de fungos e fungicidas.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Mina gerais, 2007. 169 p

ZAMBENEDETTI, E. B.; ALVES, E.; ARAÚJO, D. V. Eventos dos processos de pré penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p.156-160, 2007

ZAMBOLIM, L. Tipos de fungicidas empregados no controle de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L. et al. **Produtos fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas,** Viçosa: UFV/DFP, 2008, p. 2013-262

ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas. **Summa Phytopathologica,** v. 36 Supl., 2010. Disponível em: <http://www. summanet.com.br/summanet-site/congressos/2010/palestras/p14.htm>. Acesso em: 04/02/2018.

ANEXOS

Anexo 1. Estádios de desenvolvimento da cultura da soja

I – Fase vegetativa

VC – Da emergência a cotilédones abertos.

V1 – Primeiro nó; folhas unifoliadas abertas.

V2 – Segundo nó; primeiro trifólio aberto.

V3 – Terceiro nó; segundo trifólio aberto.

Vn – Enésimo (último) nó com trifólio aberto, antes da floração.

II – Fase reprodutiva (observação na base principal)

R1 – Início da floração; R2

– Floração plena;

R3 – Inicio da formação da vagem;

R4 – Vagem completamente desenvolvida;

R 5.1 – Grãos perceptíveis ao tato a 10% de granação;

R 5.2 – Maioria das vagens com granação de 11% a 25%; R

5.3 – Maioria das vagens entre 26% e 50% de granação; R

5.4 – Maioria das vagens entre 51% e 75% de granação; R

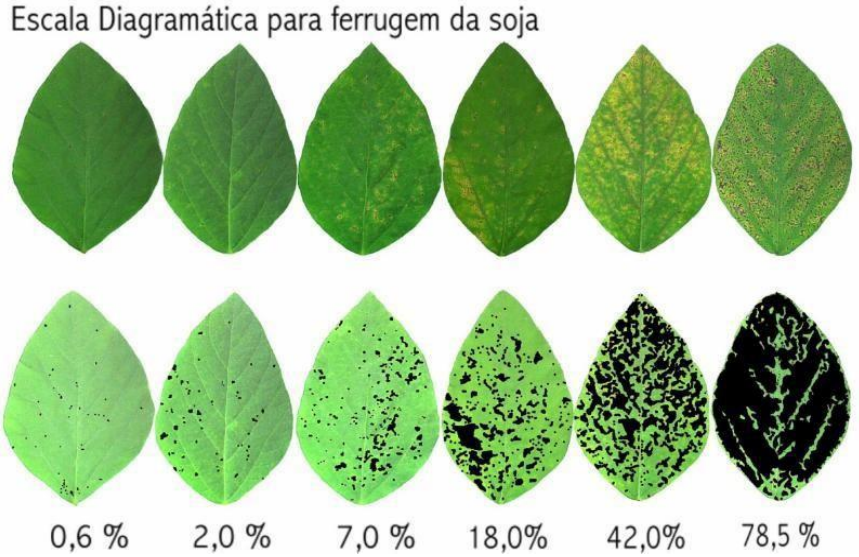
5.5 – Maioria das vagens entre 76% e 100% de granação; R

6 – Vagens com granação de 100% e folhas verdes;

R 7 – Início da maturação;

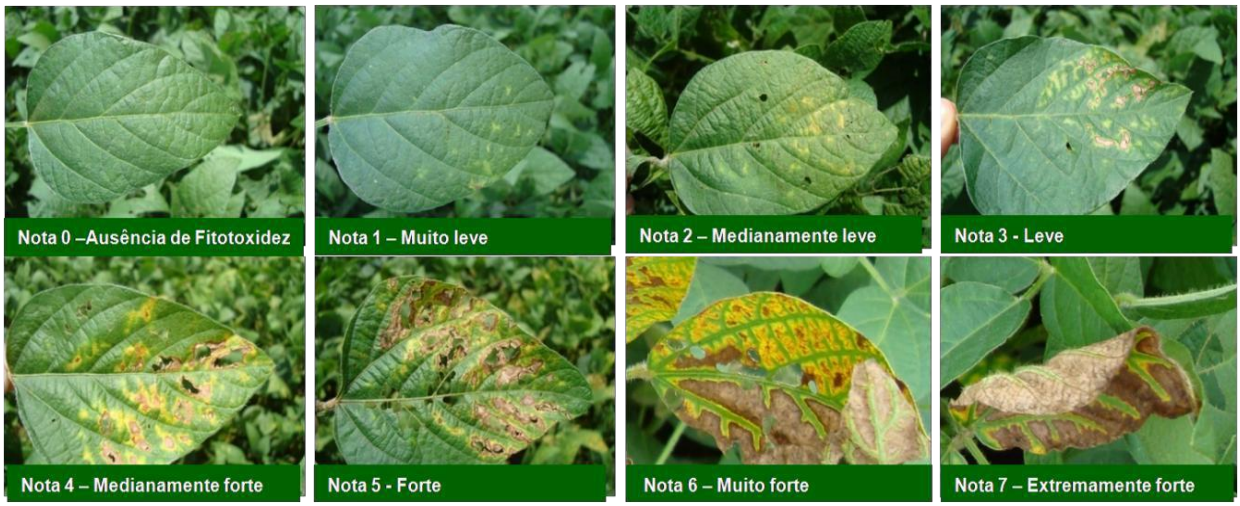
R 8 – Maturação plena.

Anexo 2. Escala diagramática para avaliação de severidade de ferrugem asiática na cultura da soja



Anexo 3. Escalas descritiva e diagramática para avaliação de fitotoxidez em função da intensidade de cloroses e/ou bronzeamentos e necroses foliares causadas por fungicidas.

NOTA	DESCRIÇÃO
0	- AUSÊNCIA DE FITOTOXIDEZ;
1	- MUITO LEVE: até 10% da área foliar com presença de cloroses ou bronzeamento;
2	- MEDIANAMENTE LEVE: entre 11% a 25% de área foliar com cloroses ou bronzeamento;
3	- LEVE: entre 11% e 25% de área foliar afetada e com necroses;
4	- MEDIANAMENTE FORTE: entre 25% e 50% de área foliar afetada e com necroses;
5	- FORTE: entre 50% e 75% da área foliar afetada e com necroses pronunciadas;
6	- MUITO FORTE: mais de 75% de área foliar afetada e com necroses pronunciadas;
7	- EXTREMAMENTE FORTE: seca total do folíolo afetado.



Fonte: Campos & Silva (2012).

Anexo 4. Escala diagramática para avaliação de desfolha na cultura da soja

Escala diagramática para estimativa de desfolha provocada por doenças em soja (4).

Fonte: Hirano et al, (2010).