



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

JOSIAS EMANUEL SCHARDONG KOTZ

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PROTETOR MULTISSÍTIO EM
DIFERENTES ÉPOCAS NA CULTURA DA SOJA**

CERRO LARGO

2016

JOSIAS EMANUEL SCHARDONG KOTZ

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PROTETOR MULTISSÍTIO EM
DIFERENTES ÉPOCAS NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de bacharel em agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul

Orientadora: Prof. Dr. Juliane Ludwig

Co-orientadora: Prof. Dr. Tatiane Chassot

CERRO LARGO – RS

2016

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Kotz, Josias Emanuel Schardong
Efeito da aplicação de fungicida protetor multissítio
em diferentes épocas na cultura da soja/ Josias Emanuel
Schardong Kotz. -- 2016.
56 f.:il.

Orientador: Juliane Ludwig.
Co-orientador: Tatiane Chassot.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia , Cerro Largo, RS, 2016.

1. Ferrugem asiática da soja. 2. Fungicidas. 3.
Controle de ferrugem asiática. I. Ludwig, Juliane,
orient. II. Chassot, Tatiane, co-orient. III.
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

JOSIAS EMANUEL SCHARDONG KOTZ

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PROTETOR MULTISSÍTIO EM
DIFERENTES ÉPOCAS NA CULTURA DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.


Orientadora: Prof. Dr. Juliane Ludwig

Co-orientadora: Prof. Dr. Tatiane Chassot

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

30 / 11 / 2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Juliane Ludwig – UFFS



Eng. Agron. Dr. Renata Moccellini – UFPel



Eng. Agron. M.Sc. Odair José Schmitt – UFFS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e por me amparar nos momentos de dificuldade e mostrar o caminho nas horas incertas.

Agradeço a família, em especial aos pais, Celso Francisco Kotz e Loiva Maria Schardong Kotz, ao irmão, Josiel Jacó Schardong Kotz, pelo carinho, paciência e pelo incentivo.

A orientadora, Dr. Juliane Ludwig, pela confiança, dedicação, amizade, e por ser o exemplo de profissional a ser seguido. Ainda, a Co-orientadora professora Dr. Tatiane Chassot, meu Muito Obrigado.

Aos colegas Gabriel Adams, Christian Machado, Rafael Leubet, Pedro Bastos e Leandro Bridi por ajudarem e sempre estarem presentes durante a condução do trabalho de conclusão de curso e demais projetos aos quais éramos envolvidos.

Enfim, agradeço a todos aqueles, que de uma ou de outra forma, ajudaram para a concretização do trabalho.

RESUMO

A ferrugem asiática, causada pelo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das principais doenças que ameaçam a produtividade da soja em praticamente todas as regiões produtoras. A aplicação de fungicidas é a ferramenta mais utilizada e a que proporciona maior eficiência no controle dos danos causados pela doença. A adoção de estratégias de manejo, como a associação de fungicidas multissítios aos sítio-específicos, tem contribuído para o aumento da eficácia do controle da doença e diminuição dos riscos do aparecimento de populações resistentes do patógeno, principalmente quando aplicados no momento correto, visto que o fator “início do controle” é fundamental para o aumento da eficiência dos produtos. Diante disso, o objetivo do presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de fungicida protetor multissítio em diferentes épocas na cultura da soja. O experimento foi conduzido no período compreendido entre os meses de dezembro de 2015 e abril de 2016, na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, situado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x3 (épocas de início de controle x programas de controle) com 4 repetições. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC). Os fungicidas foram aplicados em três épocas, e, em cada época foram usados três tipos de programas. As épocas foram no aparecimento dos primeiros sintomas da ferrugem asiática, no estágio V6 da cultura e estágio R1 da cultura da soja. Os programas utilizados foram: Programa 1: 1ª aplicação - multissítio + sítio-específico, 2ª aplicação - sítio-específico e 3ª aplicação - sítio-específico; Programa 2: 1ª aplicação - multissítio + sítio-específico, 2ª aplicação - multissítio + sítio-específico e 3ª aplicação - sítio-específico; Programa 3: 1ª aplicação - sítio-específico, 2ª aplicação - sítio-específico e 3ª aplicação - sítio-específico. O fungicida multissítio utilizado foi o Mancozebe ($1500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e os sítio-específicos foram Azoxistrobina + Ciproconazol ($60 + 24 \text{ g ha}^{-1}$) e Azoxistrobina + Benzovindiflupir ($90 + 45 \text{ g ha}^{-1}$). Foram realizadas avaliações de severidade da ferrugem, nível de desfolha nas plantas de soja e componentes do rendimento da cultura. Foi possível concluir que a aplicação de fungicida multissítio proporcionou redução da AACPD da ferrugem em função da época em que o controle foi iniciado e do programa de controle adotado, nos terços inferior e médio das plantas de soja, bem como sobre a produtividade e número de vagens por planta. Quanto aos demais componentes de rendimento e nível de desfolha, não foram observadas interações significativas.

Palavras-chave: Ferrugem asiática da soja. Fungicidas. Controle de ferrugem asiática.

ABSTRACT

The asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, is one of the main diseases that threaten productivity of soybean in virtually all regions. The application of fungicides is the tool most used and providing greater efficiency in the control of damage caused by the disease. The adoption of management strategies, such as the association of fungicides multissítios to place-specific, has contributed to increasing the effectiveness of the control of the disease and reducing the risk of the appearance of resistant populations of the pathogen, especially when applied at the right time, since the "beginning of control" is the key to increased efficiency of the products. In this way this purpose of this study was to evaluate the effect of the application of protective fungicide multissítio in different seasons in soybean culture. The experiment was conducted in the period between the months of December 2015 and April 2016, in the experimental area of Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo, situated in the northwest of the state of Rio Grande do Sul. The experiment was conducted in 3 x 3 factorial scheme (start times x control control programs) with four repetitions. The experimental design used was the random block (DBC). Fungicides were applied at three times, and each time were used three types of programs. The times were in the appearance of the first symptoms of the Asian rust, stadium V6 of culture and stadium R1 of soy culture. The programs used were: Program 1: first application - multissítio + site-specific, second application - site-specific and third application - site-specific; Program 2: first application - multissítio + site-specific, second application - multissítio + site-specific-place and third application - site-specific; Program 3: first application - site-specific, second application - site-specific and third application - site-specific. The multissítio fungicide used was mancozeb (1500 g a.i. ha⁻¹) and the site-specific were Azoxystrobin + Cyproconazole (60 + 24 g ha⁻¹) and Azoxystrobin + Benzovindiflupir (90 + 45 g ha⁻¹). Evaluations were made of rust severity, level of defoliation in soybean plants and income components of culture. It was possible to conclude that the application of fungicide multissítio provided AACPD reduction of the rust, depending on the time when the control has been started and control program adopted, in the lower and middle thirds of the soybean plants, as well as on the productivity and number of pods per plant. As for the other components of income and level of defoliation, no significant interactions were observed.

Keywords: Asian Soybean Rust. Fungicide. Control of Asian rust.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Sintomas de Ferrugem Asiática na face abaxial de um folíolo de soja (A) e detalhe das lesões de coloração castanho-escuro (B).	21
Fotografia 2 – Comparação entre parcelas sem desfolha prematura (A) e parcelas com desfolha prematura ocasionada pela ferrugem asiática da soja (B).	22
Fotografia 3 - Área do experimento localizada próxima a lavoura comercial em fase de enchimento de grão, com elevada incidência de ferrugem asiática.	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Número de ocorrências de ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) nos estádios fenológicos da cultura, durante a safra 2015/16 no Brasil.22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos fungicidas de acordo com o período de atuação do patógeno.	28
Figura 2 – Escala diagramática para avaliação de severidade de ferrugem asiática da soja.	34
Figura 3 – Escala diagramática para avaliação da desfolha na cultura da soja.....	35
Figura 4 - Distribuição e somatório de chuvas e média da temperatura no local de execução do experimento nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Cerro Largo – 2015/16.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fungicidas utilizados em programas de controle da ferrugem asiática, aplicados em diferentes épocas, em plantas de soja.	32
Tabela 2 – Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPD) nos terços inferior e médio das plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da doença, baseado em distintos programas de controle.....	37
Tabela 3 – Valores médios para AACPD do terço superior das plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da doença, baseado em distintos programas de controle.	37
Tabela 4 – Produtividade (Kg ha^{-1}) da soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.....	41
Tabela 5 – Peso de mil grãos (PMG) da soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.....	42
Tabela 6 – Número de vagens por planta de soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.	43
Tabela 7 – Número de grãos por vagem de soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.	44
Tabela 8 – Altura de inserção da primeira vagem em plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.	44
Tabela 9 – Severidade de desfolha das plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	A SOJA.....	14
2.2	FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO	16
2.3	FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA	18
2.3.1	Histórico	18
2.3.2	Etiologia	19
2.3.3	Hospedeiros	19
2.3.4	Ciclo e Condições favoráveis ao desenvolvimento da doença	19
2.3.5	Sintomatologia	20
2.3.6	Importância econômica	21
2.4	CONTROLE DE FERRUGEM	23
2.5	CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA	24
2.5.1	Histórico	24
2.5.2	Sítios de ação	25
2.5.3	Resistência de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> a fungicidas	26
2.6	MOMENTOS DE APLICAÇÃO.....	28
2.7	PROGRAMAS DE CONTROLE	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	TRATAMENTOS E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO	31
3.2	AVALIAÇÕES	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais polivalentes da agricultura atual. As suas características nutricionais, altos teores de proteína (40%) e óleo (20%), aliado a elevados rendimentos de grãos em diferentes condições de ambiente, faz da cultura uma das mais importantes oleaginosas produzidas no mundo (VELLO; SILVA, 2006; HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Também, em virtude da crescente demanda por outros derivados, como o farelo, importante ingrediente de rações e óleos, matéria prima para elaboração de produtos similares aos petroquímicos, a importância da oleaginosa no cenário global tende a aumentar ainda mais nos próximos anos (DALL' AGNOL; HIRAKURI, 2008).

Contudo, existem alguns fatores abióticos e bióticos que podem afetar negativamente o desenvolvimento, rendimento e consequente produção da soja (TECNOLOGIAS..., 2013). Entre estes fatores, as doenças aparecem como um dos principais limitantes ao sucesso da cultura. No Brasil já foram identificadas mais de 40 doenças com capacidade de conferir danos à cultura (ALMEIDA et al., 2005; TECNOLOGIAS..., 2013).

Entre as principais doenças que ameaçam a produtividade da soja em praticamente todas as regiões produtoras da oleaginosa, está a ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (ANDRADE, P.; ANDRADE, D., 2002). A redução precoce da atividade fotossintética da planta, decorrente da desfolha acentuada e característica da doença, ocasiona consideráveis danos aos componentes do rendimento da cultura, podendo chegar a 90% onde a presença do agente etiológico é constatado (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

Para o controle da ferrugem asiática da soja o uso do manejo integrado de doenças é prática fundamental (HENNING et al., 2009; MELO; ROESE; GOULART, 2015), contudo, o controle químico, através da aplicação de fungicidas é a ferramenta mais utilizada e a que proporciona maior eficiência na redução dos danos causados por *Phakopsora pachyrhizi* (FIALLOS, 2010; DHINGRA; MENDONÇA; MACEDO, 2009).

No entanto, o uso intensivo e irracional dos fungicidas, como vem ocorrendo nos últimos anos, têm favorecido a seleção de fungos menos sensíveis ou resistentes a tais compostos (GHINI; KIMATI, 2002; GODOY; MEYER, 2014; REIS, E.; REIS, A., 2015), resultando na redução da eficiência dos produtos. Para tanto, a adoção de estratégias de manejo, como a associação de fungicidas protetores aos sistêmicos, tem

contribuído para o aumento da eficácia do controle da doença, além da redução dos riscos de resistência do fungo aos produtos comumente utilizados (REIS, E.; REIS, A., 2015).

Não obstante, o sucesso do controle químico da ferrugem asiática da soja está, também, relacionado a fase da doença e a pressão de inóculo no momento em que o fungicida é aplicado (MADALOSSO, 2010). É fundamental realizar o manejo correto dos fungicidas durante o ciclo da cultura, visto que o momento da aplicação e, principalmente o início do controle da doença são fatores essenciais para o aumento da efetividade dos produtos químicos (REUNIÃO..., 2014).

Diante deste cenário, foi objetivo do presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de fungicida protetor multissítio em diferentes épocas na cultura da soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem sua origem no Continente Asiático, na região correspondente a China (BONATO; BONATO, 1987). Devido ao seu alto valor alimentício e nutricional, a soja expandiu-se para outras partes do mundo, como as demais partes do Oriente, Coréia e Japão. No Ocidente, seu surgimento ocorreu nos séculos 15 e 16, sendo cultivada na América, primeiramente nos Estados Unidos como planta produtora de grãos e forrageira. No Brasil, teve seu início no estado da Bahia, e, posteriormente, expandiu-se para São Paulo e Rio Grande do Sul, onde apresenta grande importância até os dias atuais (PAIVA; ALVES; HELENO, 2006).

A soja é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo. Seu grão possui altos teores de proteínas, em torno de 40% e 20% de óleo, constituindo-se portanto, um fundamental alimento aos seres humanos (SEDIYAMA, TEIXEIRA, BARROS, 2009). É considerada um ingrediente básico na alimentação das gerações futuras em virtude do alto valor nutritivo que fornece a um custo reduzido (FREITAS et al., 2001).

Em virtude do aumento cada vez maior da demanda por alimentos no mundo e em função da enorme diversidade do uso da soja, que serve como importante matéria prima para a alimentação humana e animal, produção de biocombustíveis, entre outros derivados, faz com que a cultura ganhe cada vez mais importância na agricultura mundial (MOREIRA, 2012; WWF, 2014).

De acordo com United States Department of Agriculture (USDA, 2016a), a área cultivada com a oleaginosa na safra 2015/2016 deve superar os valores registrados na safra 2014/2015, passando de 118,14 milhões de hectares, para 120,74 milhões na atual safra. A produção mundial na safra 2015/2016 deve ter um acréscimo de 1,54 milhões de toneladas, totalizando cerca de 320,21 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 2,65 toneladas por hectare. Os maiores produtores mundiais são Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e Paraguai.

No Brasil, a soja passou a ter uma grande expansão a partir da década de 1970 (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009). No ano de 2016, essa cultura deve ser responsável por 56,8% da área cultivada no país e atingir um recorde de 101,2 milhões

de toneladas produzidas, apresentando um incremento absoluto de 4,9 milhões de toneladas com produtividade estimada de 3 toneladas por hectare. A região Centro-Oeste é a principal produtora da oleaginosa no país e, nesta safra apresenta uma área de 15.054,8 mil hectares, seguida pela região Sul, com 11.518,3 mil hectares e a região nordeste com 2.847,8 mil hectares cultivados. O maior produtor nacional do grão é o estado do Mato Grosso, com uma produção de 27.968,4 mil toneladas, seguido do Paraná, que produz 17.828,1 mil toneladas e do Rio Grande do Sul com 15.244,6 mil toneladas produzidas (CONAB, 2016).

Existe no país, uma significativa taxa de crescimento em relação a área cultivada com a oleaginosa, em virtude, principalmente, da expansão da fronteira agrícola na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014), sendo que, entre todos os países produtores de soja no mundo, o Brasil aparece como o de maior potencial de expansão da área de produção da oleaginosa (DALL' AGNOL; HIRAKURI, 2008).

O estado do Rio Grande do Sul foi o pioneiro no cultivo de soja para produção comercial no país, por volta do ano de 1935 (SEDIYAMA, TEIXEIRA, BARROS, 2009). Na safra 2015/16, o estado apresenta uma área plantada de 5.444,5 mil hectares, indicando um aumento de 3,7% em relação à safra 2014/15. A produção estimada é de 15.244,6 mil toneladas do grão, com produtividade média de 2,771 toneladas por hectare (CONAB, 2016).

O consumo e a produção de soja no mundo é crescente e, atualmente, a oleaginosa ocupa o quarto lugar entre os grãos mais consumidos e produzidos globalmente, atrás apenas do milho, trigo e arroz (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). O principal mercado consumidor da soja brasileira é a China, que importou cerca de 41,2 milhões de toneladas do grão do Brasil no período 2014/15, seguida pela Espanha e Tailândia (USDA, 2016b).

Embora o Brasil seja o maior exportador de soja em grão e o segundo de farelo e óleo de soja e, mesmo que o país tenha avançado continuamente na produção da oleaginosa, fatores como a dificuldade de escoamento da produção tanto via rodoviária quanto ferroviária, a baixa capacidade de armazenagem do grão além da ineficiência portuária, são alguns dos limitantes a competitividade do agronegócio da cultura (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

O aumento constante da população do mundo e o crescimento econômico mundial, são fatores que influenciam no aumento, ou então, na manutenção da produção

de soja, como vem ocorrendo nas últimas safras (DALL' AGNOL; HIRAKURI, 2008). Isso ocorre, devido a demanda cada vez maior da oleaginosa para complementar as taxas nutricionais de farelos, importantes ingredientes da composição das rações de animais produtores de carne, bem como a constante demanda por óleos vegetais para uso na alimentação humana e como biocombustíveis (DALL' AGNOL; HIRAKURI, 2008; WWF, 2014).

2.2 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO

A cultura da soja é de suma importância para a agricultura mundial e brasileira devido as diversas aplicações que o grão possui, seja na alimentação humana, de animais ou então para a produção de outros derivados, além de ter um importante papel sócio econômico no agronegócio (FERREIRA, 2012).

O potencial de rendimento da cultura da soja é expresso por meio da interação existente entre o genótipo e o ambiente. Então, a obtenção de altas produtividades na cultura, é dependente de fatores de ordem genética, de condições relacionadas ao clima e da nutrição de plantas (THOMAS; COSTA, 2010), além do fator solo (AMADO; SCHLEINDWEIN; FIORIN, 2010).

A semente de boa qualidade é de fundamental importância para o sucesso de uma lavoura de soja, visto que, esta semente garante uma população de plantas adequada e vigorosa, possibilitando a expressão do máximo potencial da cultura (KRZYZANOWSKI et al., 2008). A utilização de sementes de alta qualidade, com vigor elevado, quando comparado a sementes de baixo vigor, são capazes de proporcionar acréscimos superiores a 35% no rendimento das sementes (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005). Tavares et al. (2013), em um de seus trabalhos, concluíram que o uso de sementes com um alto vigor implicou em aumento de até 15% do rendimento da soja.

Aproximadamente 90% do peso de uma planta de soja é composto por água, que, por sua vez, atua em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos da mesma, agindo também na regulação térmica do vegetal (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007). Estresses hídricos podem reduzir drasticamente os rendimentos da cultura (FARIAS et al., 2001), independentemente do estágio fenológico que ocorram (NEUMAIER et al., 2000). Contudo, verificou-se que, no estágio de enchimento do grão, os danos à produtividade são mais significativos do que no estágio vegetativo da cultura (NOGUEIRA; NAGAI, 1988).

Entre os nutrientes exigidos pelas plantas, o nitrogênio é o elemento mais limitante para a produtividade da soja (TECNOLOGIAS..., 2013). Para a produção de uma tonelada de grãos de soja são necessários 80 kg de Nitrogênio (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001). A planta pode suprir este elemento por meio do N mineral do solo, da decomposição da matéria orgânica, através de fertilizantes nitrogenados ou orgânicos e por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (AMADO; SCHLEINDWEIN; FIORIN, 2010). O processo de fixação biológica de nitrogênio ocorre através da associação simbiótica da planta com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, formando nódulos, onde ocorre a conversão do N₂ atmosférico em amônia, que por sua vez, se torna disponível para as plantas em diversas formas de N orgânico (HUNGRIA et al., 1994). Este processo pode contribuir com 65% a 85% do nitrogênio necessário para o rendimento e desenvolvimento da oleaginosa, no entanto, as condições físico e químicas do solo são fundamentais para a sua ocorrência (AMADO; SCHLEINDWEIN; FIORIN, 2010).

Nutrientes como o fósforo, essencial nos processos de fornecimento e armazenamento de energia (TANCREDI et al., 2009), o potássio, fundamental em diversos aspectos do crescimento e produção da soja e no balanço nutricional da planta (MALAVOLTA, 1980), além do cálcio, do magnésio e do enxofre, todos estão relacionados intimamente a FBN e são fundamentais para elevados rendimentos da soja (TANCREDI et al., 2009).

Além dos fatores abióticos, as pragas e plantas daninhas também influenciam no rendimento da cultura da soja (TECNOLOGIAS..., 2013). As plantas daninhas competem com a oleaginosa por recursos, como água, luz e nutrientes (NETO et al., 2012) e, dentre os problemas que causam, podem ser consideradas hospedeiras de pragas e doenças (VARGAS; ROMAN, 2006). Em média, há uma redução de 37% do rendimento dos grãos devido a interferência das infestantes na cultura (FLECK; CANDEMIL, 1995). Também, em estudo realizado por Nepomuceno et al. (2007), foi detectada a redução de 32% na produção de soja, cultivada em sistema de semeadura convencional, em decorrência das plantas daninhas.

Entre os insetos-praga que causam prejuízos às lavouras de soja, os mais importantes são os que atacam plântulas, como a Lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*); os que atacam raízes, como o Percevejo-castanho-da-raiz (*Scaptocoris castanea*, *S. carvalhoi* e *S. buckupi*) e os Corós (*Phyllophaga cuyabana*, *Liogenys* spp., *Plectris pexa* e outros); os que causam prejuízos em pecíolos e caules, como o

Tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*) e a Broca-das-axilas (*Crocidosema aporema*); os desfolhadores, como a Lagarta-do-velho-mundo (*Helicoverpa armigera*), a Lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) e a Falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*); e os insetos que atacam vagens, nas quais destacam-se as lagartas do gênero *Spodoptera* e os Percevejos (GALLO et al., 2002). O manejo fitossanitário ao longo do cultivo da soja deve buscar o equilíbrio biológico no agroecossistema, desta forma, o Manejo Integrado de Pragas torna-se ferramenta fundamental neste processo (ÁVILA; SOUZA, 2015).

Entretanto, as doenças figuram entre os principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos na cultura da soja. No Brasil já foram identificadas mais de 40 doenças que conferem danos à cultura (ALMEIDA et al., 2005; TECNOLOGIAS..., 2013). Entre as mais importantes, estão as doenças causadas por patógenos de solo, com destaque para a Podridão de Carvão das Raízes (*Macrophomina phaseolina*), a Podridão Branca da Haste (*Sclerotinia sclerotiorum*) e Nematóides (*Heterodera glycines*, *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis*); por patógenos de parte aérea, destacando-se os necrotróficos, geralmente associados as doenças de final de ciclo (*Cercospora kikuchii*, causador do Crestamento Foliar de *Cercospora* e Mancha Púrpura da Semente, *Septoria glycines*, agente causal da Septoriose e *Corynespora cassiicola*, causador da mancha-alvo) e, principalmente a *Phakopsora pachyrhizi*, fungo biotrófico causador da Ferrugem Asiática da Soja, com danos que podem chegar a 90% onde constatado a presença do agente etiológico (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

2.3 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

2.3.1 Histórico

Na soja podem ocorrer tanto a Ferrugem denominada Americana (*Phakopsora meibomiae*), como a Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) (REIS et al., 2012). No entanto, é a ferrugem asiática que figura como a mais destrutiva doença da cultura (KOGA, 2008).

A primeira identificação da doença no continente americano ocorreu no Paraguai, em março de 2001 e, no estado do Paraná em maio do mesmo ano (ALMEIDA et al., 2005). Em função da fácil disseminação dos esporos do fungo pelo vento, a doença alastrou-se, neste mesmo ano, para todas as regiões produtoras de soja do Brasil, do Paraguai, da Bolívia e partes da Argentina e, devido às condições climáticas favoráveis e

à pressão de doença, a ferrugem atingiu as demais regiões nas safras posteriores, resultando em elevados prejuízos econômicos aos agricultores e consideráveis aumentos dos custos de produção (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

2.3.2 Etiologia

O agente causal da ferrugem asiática da soja pertence à classe dos Basidiomycetes, a ordem Uredinales, a família Phakopsoraceae e gênero e espécie *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow (REIS et al., 2012). Este fungo possui dois tipos de esporos: uredósporos e teliósporos, sendo que os primeiros, incolores a castanho amarelo pálido, de formato ovóide a elíptico, largos, com paredes com 1,0 µm de espessura e densamente equinulados, são os mais comuns e se constituem na fase epidêmica da doença (ALMEIDA et al., 2005).

2.3.3 Hospedeiros

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow é um parasita obrigatório e depende de um hospedeiro vivo para sua perpetuação (MADALOSSO et al., 2015). Existem mais de 90 espécies hospedeiras citadas na literatura, no entanto, as principais são a soja (*Glycine max*) e o kudzú (*Pueraria montana* var. *lobata*) (RUPE; SCONYERS, 2008). A planta do feijoeiro também é importante fonte de inóculo encontrada no Brasil (REIS et al., 2012).

2.3.4 Ciclo e Condições favoráveis ao desenvolvimento da doença

O fungo, por ser biotrófico depende de plantas hospedeiras para manter-se vivo no período de entressafra. Em condições favoráveis há a esporulação e liberação dos uredósporos, que são disseminados pelo vento ou pela água (impactos de gotas) e depositados nos locais de infecção dos hospedeiros (REIS et al., 2012). Na presença de água livre na superfície da folha, (6 a 12 horas de molhamento foliar) e temperatura entre 15 a 28°C, ocorre a germinação dos uredósporos. A penetração acontece de forma direta através da cutícula e posterior a formação do tubo germinativo (ALMEIDA et al., 2005). A hifa parasita a parede celular da célula epidérmica do hospedeiro, que posteriormente irá se desorganizar e entrar em colapso. Finalmente, na etapa de

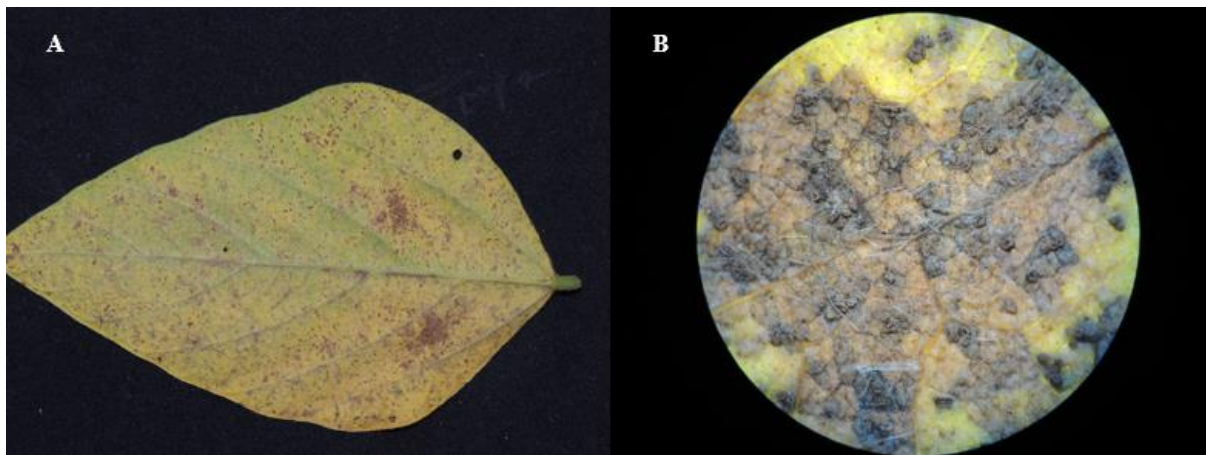
colonização ocorre a invasão das células e tecidos do hospedeiro. Este processo resulta na manifestação dos sintomas da doença. O inóculo secundário é produzido nas urédias (ou urédios), resultando em ciclos secundários e na ampliação da doença (REIS et al., 2012). Sob condições ideais, o aparecimento das pústulas ou poros se dá de 9 a 10 dias após a infecção do tecido (MADALOSSO et al., 2015).

2.3.5 Sintomatologia

Os sintomas da doença podem ocorrer nos cotilédones e hastes, geralmente nas folhas, podendo aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura, sendo que, de modo geral, as primeiras lesões são encontradas no terço inferior das plantas (REIS et al., 2012). Os primeiros sintomas são caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que a coloração sadia da folha, apresentando uma protuberância (urédio), predominantemente na face abaxial da lâmina foliar e que progressivamente, passa de uma coloração castanho-clara a castanho-escura (Fotografia 1A), liberando os uredósporos a partir de um poro (ALMEIDA et al., 2005).

A medida que prossegue a esporulação, a região da folha ao redor dos urédios adquire coloração castanho-clara ou castanho-avermelhada, caracterizando as lesões do tipo TAN ("tanish") e RB ("redish-brown"), respectivamente (YORINORI et al., 2003; RUPE; SCONYERS, 2008). No tipo TAN, as lesões são características de materiais suscetíveis (BOMFIELD; MELCHING; KINGSOLVER, 1980), caracterizadas pela esporulação abundante e sem o desenvolvimento de tecido necrosado abaixo das urédias jovens, ao contrário do que ocorre nas lesões do tipo RB, onde as lesões são maiores, porém com pouca ou nenhuma esporulação e com formação de necrose abaixo das urédias jovens (COSTAMILAN; SOARES; ALMEIDA, 2006). Estas lesões são características de genótipos que contém genes de resistência a *Phakopsora pachyrhizi* (AZEVEDO; JULIATTI; BARRETO, 2007). Após esporular (Fotografia 1B), as urédios apresentam as pústulas, nitidamente, com os poros abertos (ALMEIDA et al., 2005). As folhas infectadas, amarelam, secam e caem prematuramente, prejudicando os componentes de rendimento da cultura da soja (GODOY et al., 2015a), comprometendo, principalmente, a formação e o enchimento das vagens e o peso final dos grãos (YANG et al., 1991).

Fotografia 1 – Sintomas de Ferrugem Asiática na face abaxial de um folíolo de soja (A) e detalhe das lesões de coloração castanho-escura (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.6 Importância econômica

Em virtude da alta virulência do fungo e de sua elevada velocidade de disseminação, a ferrugem asiática é a doença com maior potencial de dano na cultura da soja (ANDRADE, P.; ANDRADE, D., 2002). A redução da atividade fotossintética da planta, devido a destruição dos tecidos foliares, faz com que ocorra uma prematura desfolha e uma acentuada redução do ciclo da cultura (Fotografia 2 A e B) (VIERO, 2008). A desfolha precoce em níveis superiores a 50%, causa redução na produtividade, pois interfere nos processos fisiológicos, causando redução do número de vagens e grãos por planta e do peso dos grãos (RIBEIRO; COSTA, 2000). A produção de grãos sofreu redução de até 93,42%, quando a desfolha ocorreu no estágio R.4 (frutificação plena) da cultura da soja (BARROS et al., 2002; PELUZIO et al., 2002). Em conformidade com Hartman, Wang e Tschanz (1991), dados do Consórcio Antiferrugem confirmam que a severidade da doença tem um expressivo aumento durante o estágio fenológico de enchimento do grão (Gráfico 1) (CONSÓRCIO..., 2016).

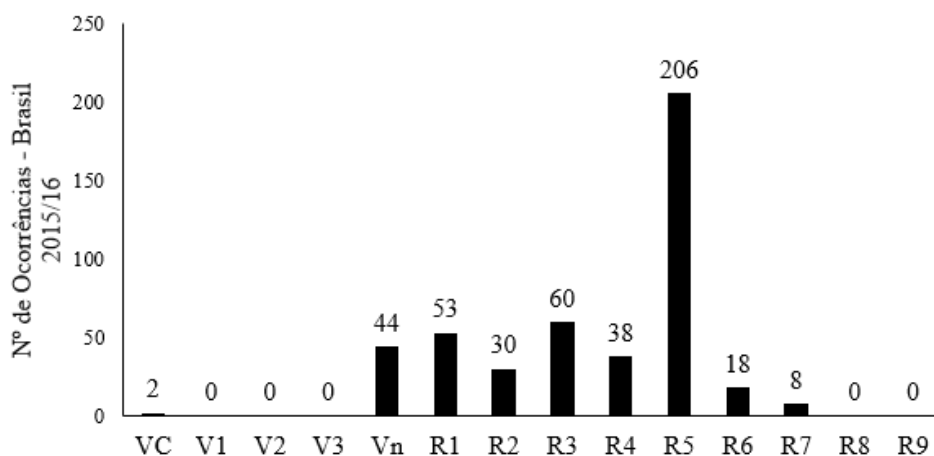
Fotografia 2 – Comparação entre parcelas sem desfolha prematura (A) e parcelas com desfolha prematura ocasionada pela ferrugem asiática da soja (B).



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o Consórcio Antiferrugem, na safra 2011/12, os danos causadas por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, foram de 363,5 mil toneladas de grão, somando aproximadamente US\$ 191,6 milhões de prejuízo, sendo que os custos de controle foram de US\$ 1,73 bilhões. No ano de 2012/14 os custos chegaram a US\$ 2,2 bilhões, com uma média de 3 aplicações de fungicidas no Brasil. A ferrugem asiática da soja, além dos danos nos componentes de rendimento da cultura, também pode influenciar no teor de óleo dos grãos, porém, não apresenta prejuízos quanto aos teores de proteína (MADALOSSO et al., 2015).

Gráfico 1 – Número de ocorrências de ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) nos estádios fenológicos da cultura, durante a safra 2015/16 no Brasil.



Fonte: Adaptado de Consórcio Antiferrugem (2015/16).

2.4 CONTROLE DE FERRUGEM

Para o controle da ferrugem asiática da soja é fundamental a adoção do manejo integrado de doenças que, consiste em utilizar várias estratégias de controle, visando diminuir ou erradicar a ocorrência da doença e seus sucessivos danos à cultura (HENNING et al., 2009; MELO; ROESE; GOULART, 2015).

Como medidas de controle cultural, têm-se utilizado a combinação de várias estratégias, tais como: uso de cultivares precoces; realização da semeadura no início da época indicada (NAVARINI et al., 2007; REUNIÃO..., 2014), utilização de espaçamento e densidade de plantas adequado, que possibilita uma maior insolação e a penetração de fungicidas na parte inferior das plantas (MADALOSSO et al., 2010); eliminação de plantas voluntárias ou hospedeiros alternativos; realização do monitoramento de condições climáticas relativas ao desenvolvimento da doença durante o ciclo da cultura, além do respeito ao período de vazio sanitário, objetivando reduzir o inóculo nos plantios mais precoces, diminuir a possibilidade de incidência da doença no período vegetativo e, desta forma, reduzir o número de aplicações de fungicida e conseqüentemente o custo de produção (GODOY et al.; YORINORI, 2006; DHINGRA; MENDONÇA; MACEDO, 2009).

O controle genético é outra estratégia utilizada no manejo da ferrugem asiática na soja, atuando por meio da indução de resistência, caracterizada pela ativação dos mecanismos de defesa inerentes da planta. No entanto, a elevada variabilidade do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, dificulta a busca por fontes de resistência ao fungo e conseqüente obtenção de cultivares resistentes (MENEGETTI et al., 2010), embora existam descrições de genes dominantes para a resistência, chamados Rpp1, Rpp2, Rpp3 e Rpp4 (VIERO, 2008).

A tolerância à ferrugem asiática da soja é uma alternativa de melhoramento visando a redução dos danos da doença, visto que, neste genótipo os sintomas da ferrugem asiática são semelhantes aos de genótipos sensíveis, porém ocorre menor dano pela infecção. Assim, quanto menor a redução em produtividade, maior é o nível de tolerância (MELO; ROESE; GOULART, 2015). O Consórcio Antiferrugem salienta que há disponibilidade de cultivares com genes de resistência no mercado brasileiro, devendo ser utilizadas como uma estratégia a mais de manejo da doença e, destaca que não é dispensado o uso de fungicidas durante o ciclo da cultura (CONSÓRCIO..., 2016).

Não obstante, o controle químico é a ferramenta de maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja e, também, a mais utilizada pelo produtor para evitar os danos causados por *Phakopsora pachyrhizi* (FIALLOS, 2010; DHINGRA; MENDONÇA; MACEDO, 2009). Na safra 2014/2015, o percentual de controle obtido, utilizando fungicidas para a redução dos danos de ferrugem variou de 18 a 82%, para os diferentes fungicidas testados, havendo uma relação direta com a produtividade da cultura, que variou de 2.455 Kg há⁻¹ a 3.448 Kg ha⁻¹, no pior e melhor tratamento, respectivamente (GODOY et al., 2015a).

2.5 CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

2.5.1 Histórico

O uso de fungicidas visando o controle da ferrugem asiática da soja, teve início no Brasil a partir da safra 2002/2003, quando vários fungicidas dos grupos químicos dos Inibidores da Desmetilação ou triazóis (IDMs) e dos Inibidores da Quinona Externa ou estrobilurinas – Complexo III (IQes), passaram a fazer parte do manejo químico da doença, aplicados isoladamente, em grandes áreas (REIS et al., 2015), sendo que alguns permanecem em uso até os dias de hoje, como é o caso da Azoxistrobina. Já na safra posterior, um maior número de fungicidas foi adicionado às indicações para o controle da doença, elevando o número de misturas entre os dois grupos químicos (UGALDE, 2005).

No ano de 2008 houve a introdução do protioconazol, do grupo “Triazolintiona”, no mercado de fungicidas. Mais tarde, em 2011, as Carboxamidas, benzovindiflupir, fluxopiroxade e bixafenol foram lançadas no Brasil e, em razão da preocupação com a resistência de *Phakopsora pachyrhizi*, houve o registro, em 2014, do Mancozebe, fungicida multissítio com amplo espectro de ação (REIS, E.; REIS, A., 2015).

Ainda na safra 2013/2014, cerca de 93% da área produtora da oleaginosa fez uso de fungicidas para o controle de *Phakopsora pachyrhizi*, em sua maior parte com a mistura de triazol e estrobilurina (REIS et al., 2015). Atualmente, existem mais de 100 fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle da ferrugem asiática da soja (AGROFIT, 2016), sendo que os mais eficientes para a redução dos danos da doença são os que têm em sua mistura, além do triazol e da

estrobilurina, um fungicida do grupo químico das Carboxamidas ou Inibidores da Succinato Desidrogenase – Complexo II (SDHI) (GODOY et al., 2015a).

A adição de ativos dos grupos químicos triazol e estrobilurina às Carboxamidas podem proporcionar maior espectro de controle, aumento da eficácia e da consistência do residual, conferindo maior vida útil ao produto, bem como minimizando o risco de resistência do patógeno (MADALOSSO; BALARDIN, 2015).

Dados da safra 2014/2015 apontam que o número médio de aplicações de fungicidas realizados no Brasil foi de 3 aplicações, resultando em um custo aproximado de US\$ 2 bilhões (GODOY, C.V., 2015, informação pessoal).

2.5.2 Sítios de ação

Os fungicidas IDMs, IQes e SDHIs, amplamente usados no controle da ferrugem asiática em todo o mundo, são produtos sistêmicos que agem em processos vitais inerentes ao fungo, atuando em apenas um sítio bioquímico específico, sendo que este sítio é vital para o patógeno, de modo que se bloqueado, o fungo morre (GODOY; MEYER, 2014; REIS, et al., 2015). Desse modo, apenas uma mutação do sítio de ação do fungicida no fungo poderia acarretar em linhagens resistentes (REIS, E.; REIS, A.; CARMONA, 2010).

Por outro lado, os fungicidas de ação multissítio, como o ditiocarbamato Mancozebe, fungicida protetor, recentemente registrado no Brasil para o controle de doenças nas culturas de algodão, milho e soja (REIS, E.; REIS, A., 2015), possui amplo espectro de ação, interferindo em vários sítios metabólicos do fungo (ZAMBOLIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007). Os tóxicos ativos liberados por esta molécula, promovem uma desorganização fatal do processo enzimático dos fungos, inibindo ou interferindo em seis diferentes processos bioquímicos no citoplasma e na mitocôndria da célula dos patógenos (GULLINO, et al., 2010). O modo de ação exato deste composto não é conhecido, no entanto, sabe-se que o Mancozebe reage com e inativa os grupos sulfidrílicos de aminoácidos e enzimas da célula do fungo, acarretando em uma desorganização do metabolismo de lipídios, respiração e produção de adenosina trifosfato pelo patógeno, dessa maneira, várias mutações, em diferentes sítios de ação seriam necessárias para que ocorresse algum tipo de resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a este fungicida (REIS, E.; REIS, A., 2015).

2.5.3 Resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas

Os fungicidas tem contribuído muito com o controle da ferrugem asiática na cultura da soja, no entanto, seu uso intensivo, como vem ocorrendo nos últimos anos, pode acarretar na seleção de isolados de fungos menos sensíveis ou resistentes a tais compostos (GHINI; KIMATI, 2002; GODOY; MEYER, 2014; REIS, E.; REIS, A., 2015).

O controle químico da ferrugem asiática da soja é realizado, principalmente, por meio do uso de fungicidas de mecanismo de ação sítio-específicos, dos grupos Inibidores da Desmetilação (IDMs), tendo como principais representantes os triazóis e triazolintione, e dos Inibidores da Quinona Externa (IQes), as estrobilurinas, que são aplicados de forma isolada ou em mistura (KLOSOWSKI, 2015). Além desses dois grupos, os Inibidores da Succinato Desidrogenase (ISDHs) ou Carboxamidas, também são amplamente utilizados (REIS, E; REIS, A; CARMONA, 2010).

De modo geral, a redução da sensibilidade de fungos aos fungicidas se dá devido ao uso repetido de um mesmo fungicida ou de mecanismos de ação similares em uma grande área e com várias aplicações durante o ciclo da cultura (REIS et al., 2015). Quanto maior a pressão de seleção causada pelos fungicidas sistêmicos, menor o tempo para seleção de isolados de fungos resistentes (ZAMBILIM; VENÂNCIO; OLIVEIRA, 2007).

Devido a sua alta eficiência de controle, os fungicidas IDMs foram usados isoladamente em grande escala quando a ferrugem asiática entrou no Brasil, na safra de 2001/2002, contudo, a partir de 2007/2008 houve uma queda de sua eficiência devido a seleção de isolados de fungo menos sensíveis a eles, o que levou a uma evolução nas recomendações de controle, passando a utilizar-se misturas entre triazóis e estrobilurinas (GODOY; MEYER, 2014; GODOY et al., 2013).

Em resultados de pesquisa conduzidos na Universidade de Rio Verde, observou-se uma redução de 42% na eficiência de controle pelos fungicidas IDMs, visto que, na safra 2005/2006 o controle da ferrugem foi de 90,3% e em 2012/2013 passou para apenas 52% (REIS et al., 2015). O mesmo problema vem sendo identificado para fungicidas dos grupos IQes e para produtos compostos pela mistura dos dois grupos químicos, no ano 2013/2014 (GODOY et al., 2014, 2015a). O controle com o uso de azoxistrobina, fungicida do grupo das estrobilurinas, passou de 79% na safra 2009/2010 para 16% na safra 2013/2014 (REIS et al., 2015). Devido à recente introdução das

Carboxamidas no mercado de fungicidas do Brasil, ainda não há relatos de resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a este grupo de fungicidas (GODOY; MEYER, 2014).

Entre as estratégias antirresistência para a ferrugem asiática da soja, estão: o uso de produtos registrados com distintos modos de ação, ou seja, contendo combinações de estrobilurinas com triazóis, trazolitione e/ou Carboxamidas, a fim de fazer uma rotação de diferentes modos de ação; o respeito às doses, épocas e intervalos de aplicação de acordo com recomendação do fabricante; a diminuição do número de aplicações durante o ciclo da cultura; realização das aplicações de fungicidas de forma preventiva; e adoção de práticas de manejo integrado, através do uso dos fungicidas como uma parte do sistema e não isoladamente (FRAC..., 2014; REIS, E.; REIS, A; CARMONA, 2010).

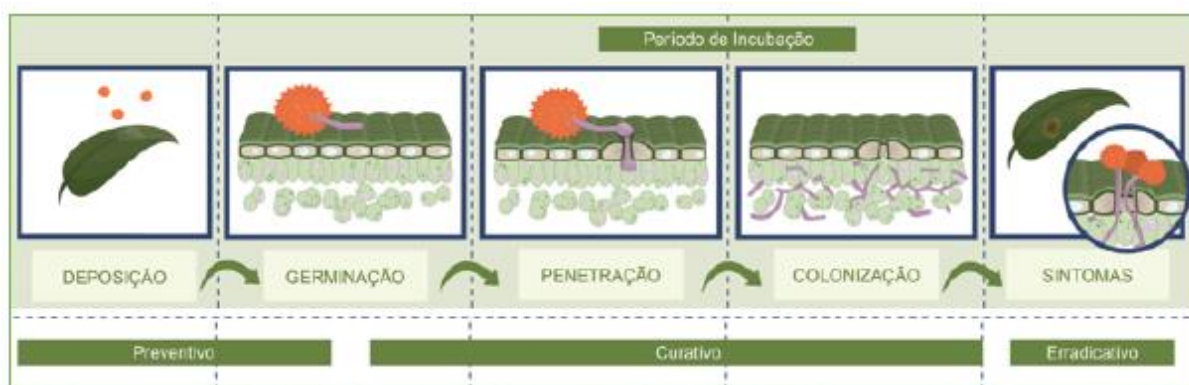
Outra opção de antirresistência à ferrugem asiática da soja é o uso de fungicidas com mecanismo de ação sítio específico associado a um fungicida multissítio, contra os quais não existe risco de adaptação do fungo e consequente resistência (ZAMBOLIM; VEÂNCIO; OLIVEIRA, 2007; FRAC..., 2010). Neste cenário, aparece o mancozebe, como um elemento importante no manejo da ferrugem asiática da soja (REIS, E.; REIS, A., 2015). O mancozebe é um fungicida protetor ditiocarbamato, composto por manebe + Zinco, chamado de etilenobisditiocarbamato de manganês (REIS et al., 2015). Este fungicida é considerado um típico multissítio, protetor, pois permanece sobre a superfície da lâmina foliar e não penetra através da cutícula e, que por atuar em seis diferentes processos bioquímicos no citoplasma e na mitocôndria da célula dos patógenos, reduz muito o perigo da resistência (GULLINO, et al., 2010; GHINI; KIMATI, 2002).

Em experimento, foi demonstrado que a combinação de fungicidas com mecanismos de ação sítio específico quando associados a fungicidas multissítio e, principalmente ao mancozebe, resultou em menores severidades da ferrugem asiática da soja, maior eficiência de controle e maior rendimento da cultura (GODOY et al., 2015b). O pesquisador e diretor executivo da Fundação Chapadão (Mato Grosso do Sul), Edson Pereira Borges, em entrevista para o canal AGROLINK, explicou que o uso de mancozebe associado aos fungicidas usuais, resulta em incrementos de cerca de 30% a 40% na eficácia de produtos curativos além de ganhos em produtividade que podem chegar a 600 kg por hectare.

2.6 MOMENTOS DE APLICAÇÃO

O momento de aplicação dos fungicidas determina em qual período de atuação do fungo que o princípio ativo atuará. Quanto ao momento de aplicação, os fungicidas podem ser classificados como: Protetores, Curativos ou Erradicativos (Fig. 1) (KIMATI, 1995).

Figura 1 – Classificação dos fungicidas de acordo com o período de atuação do patógeno.



Fonte: Adaptado de Instituto Phytus

Fungicidas protetores: Estes fungicidas são aplicados sobre a planta antes que ocorra a deposição do inóculo nos sítios de infecção do hospedeiro, agindo de forma protetora ou em pré penetração, através da formação de uma camada protetora na superfície da folha que impede a germinação do esporo do fungo (KIMATI, 1995; REIS, E.; REIS, A.; CARMONA, 2010; REIS, E.; REIS, A., 2015). O Mancozebe é um representante deste grupo de fungicidas (REIS, E.; REIS, A., 2015).

Fungicidas curativos: São fungicidas que agem sobre o patógeno quando este se encontra no interior do tecido vegetal, atuando em pós penetração, porém sem que sejam observados sintomas ou sinais na superfície foliar. Os fungicidas de ação curativa são sistêmicos, pois tem capacidade de penetrar e se transloucar dentro da planta. São exemplos os fungicidas IDMs, IQes e ISDHs (KIMATI, 1995; REIS, E.; REIS, A.; CARMONA, 2010).

Fungicidas erradicativos: Estes fungicidas tem ação química após o aparecimento dos sintomas da doença. Os erradicativos apenas matam o fungo, não ocorrendo regeneração ou a recuperação das células e tecidos mortos da planta hospedeira (REIS, E.; REIS, A.; CARMONA, 2010).

Independentemente do estágio fenológico que a cultura se encontra, a eficiência de controle está diretamente relacionada ao momento de aplicação do ingrediente ativo sobre o estágio da patogênese, visto que, a relação do produto com o patógeno é fundamental para a eficácia do controle, sendo menor quanto mais estabelecido está a relação patógeno-hospedeiro, ou seja, a eficiência das aplicações de fungicidas quando realizadas no preventivo são superiores as aplicações sobre os sintomas/sinais da doença (MADALOSSO, 2015). As chances de desenvolvimento de resistência são maiores quando a aplicação do fungicida se dá curativamente do que quando usado como protetor (GHINI; KIMATI, 2002).

2.7 PROGRAMAS DE CONTROLE

A fase da doença e a pressão de inóculo que o fungicida é submetido interfere no sucesso do controle químico da ferrugem asiática da soja (MADALOSSO, 2010). A definição do correto estágio de aplicação dos fungicidas para o controle da doença é mais importante do que apenas a escolha dos princípios ativos a serem utilizados, visto que a eficiência destes é influenciado pelo estágio que se efetua o controle químico (NAVARINI, 2008), além da qualidade de aplicação, definida, principalmente pela quantidade de ingrediente ativo que atinge e se distribui sobre o alvo (MADALOSSO; FAVERA; BALARDIN, 2012).

O controle da ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, deve ser efetuado a partir de fungicidas registrados, cuja aplicação é indicada no aparecimento dos primeiros sintomas ou de forma preventiva, através do monitoramento da doença em lavouras da região (REUNIÃO..., 2014).

A aplicação de fungicidas 7 e 14 dias após a detecção da doença, acarretou em um aumento da desfolha de 82% e 155% em relação a tratamentos submetidos ao controle químico, respectivamente (ANDRADE, P. ANDRADE, D., 2002). Ocorre uma redução na eficiência dos fungicidas quando eles são aplicados após o estabelecimento da doença, bem como, um menor período residual do produto no controle curativo, em relação à aplicações efetuadas preventivamente (BALARDIN; MADALOSSO, 2014).

Outros indicadores de aplicações de fungicidas podem estar baseados nos estágio fenológicos, na quantidade de chuva ocorrida após a pulverização, no limiar de dano econômico (LDE) ou em sistemas de aviso de doenças de plantas, sendo que o intervalo e o número de aplicações, geralmente são determinados pelo período de proteção do

fungicida, pela remoção pela chuva (no caso dos fungicidas protetores ou não penetrantes, como o Mancozebe), pelo crescimento vegetal, pelo ciclo e sua reação às doenças e pelas condições climáticas predisponentes a evolução da patogênese (REIS, E.; REIS, A.; CARMONA, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período compreendido entre os meses de dezembro de 2015 e abril de 2016, na Área Experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, situado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (latitude 28° 08' 30,8'' sul, longitude 54°45' 30,57'' oeste e altitude 255 metros).

De acordo com Koppen-Geiger, o clima da região é caracterizado como subtropical úmido. O solo pertence a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo e é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006).

3.1 TRATAMENTOS E IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram realizadas 3 aplicações de fungicidas por programa de controle, utilizando-se a mesma sequência de produtos. Em todas as aplicações foi adicionada a calda de pulverização óleo mineral, na dose de 0,6 L ha⁻¹, conforme recomendação do fabricante. O intervalo entre cada aplicação foi de 15 dias. Os tratamentos estão descritos na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x3 (épocas de início de controle x programas de controle) com 4 repetições. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC).

As pulverizações foram efetuadas utilizando-se um pulverizador costal com barra provido com 4 pontas Magnojet[®], do tipo leque simples, modelo 110.02 BD. O volume de calda foi ajustado para 200 L ha⁻¹ e a velocidade de deslocamento foi de 1 m s⁻¹. Com a finalidade de potencializar a eficiência dos fungicidas, as aplicações foram realizadas no período noturno, em condições climáticas favoráveis, como umidade relativa do ar superior a 60%, temperaturas amenas e velocidade do vento inferior a 10 km h⁻¹.

Tabela 1 – Fungicidas utilizados em programas de controle da ferrugem asiática, aplicados em diferentes épocas, em plantas de soja.

ÉPOCA DE APLICAÇÃO	PROGRAMAS DE CONTROLE	DESCRIÇÃO DOS FUNGICIDAS		
		1ª APLICAÇÃO	2ª APLICAÇÃO	3ª APLICAÇÃO
Primeiros sintomas	Programa 1	Multissítio ¹ + Sítio-específico ²	Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Primeiros sintomas	Programa 2	Multissítio ¹ + Sítio-específico ²	Multissítio ¹ + Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Primeiros sintomas	Programa 3	Sítio-específico ²	Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Estádio V6	Programa 1	Multissítio ¹ + Sítio-específico ²	Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Estádio V6	Programa 2	Multissítio ¹ + Sítio-específico ²	Multissítio ¹ + Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Estádio V6	Programa 3	Sítio-específico ²	Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Estádio R1	Programa 1	Multissítio ¹ + Sítio-específico ²	Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Estádio R1	Programa 2	Multissítio ¹ + Sítio-específico ²	Multissítio ¹ + Sítio-específico ³	Sítio-específico ³
Estádio R1	Programa 3	Sítio-específico ²	Sítio-específico ³	Sítio-específico ³

¹Mancozebe (1500 g i.a. ha⁻¹)

²Azoxistrobina + Ciproconazol (60 + 24 g ha⁻¹)

³Azoxistrobina + Benzovindiflupir (90 + 45 g ha⁻¹)

O experimento foi implantado e conduzido em sistema de semeadura direta em sucessão a cultura do trigo. Antes da semeadura do soja foi realizado o controle de plantas espontâneas através da aplicação do herbicida glifosato 480 g L⁻¹, na dose de 2,5 L p.c. ha⁻¹, conforme recomendação do fabricante. A cultivar de soja utilizada foi a BMX PONTA (7166) IPRO. No momento da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Tiofanato Metílico + Fluazinam, fungicida/inseticida Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil, conforme recomendação dos fabricantes.

A semeadura realizou-se no dia 15 de dezembro de 2015, utilizando uma semeadora adubadora Compacta KF de 6 linhas com profundidade ajustada para 3 a 5 cm e densidade de 22 sementes/m², conforme recomendação da detentora da cultivar, sendo que a adubação foi realizada na linha, conforme análise de solo e expectativa de rendimento de 3600 kg ha⁻¹. A área localizava-se próximo a uma lavoura comercial da oleaginosa, onde a ferrugem asiática já estava estabelecida, causando danos à cultura. Este fato, aliado a semeadura tardia, proporcionou alta pressão de inóculo na soja cultivada nas parcelas do experimento (Fotografia 3).

A área total do experimento foi de 450 m², com parcelas (unidades experimentais) de 12,5 m², sendo cada uma constituída por 5 linhas com espaçamento de 0,5 m e 5 m de comprimento. Considerou-se área útil de cada parcela as 3 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m nas extremidades de cada linha, perfazendo uma área por parcela de 6 m².

Fotografia 3 - Área do experimento localizada próxima a lavoura comercial em fase de enchimento de grão, com elevada incidência de ferrugem asiática.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O manejo fitossanitário, com exceção da aplicação de fungicidas, foi realizado durante todo o período de condução do experimento, de acordo com resultados obtidos em amostragens realizadas periodicamente. O acompanhamento dos principais estádios fenológicos foi feito utilizando escala fenológica da soja, proposta por Fehr e Caviness (1977).

Os dados meteorológicos, tais como temperatura e precipitação, foram obtidos através de coleta diária dos dados na estação meteorológica automática, da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo. O modelo da estação é Vantage Pro 2, cuja marca é Davis.

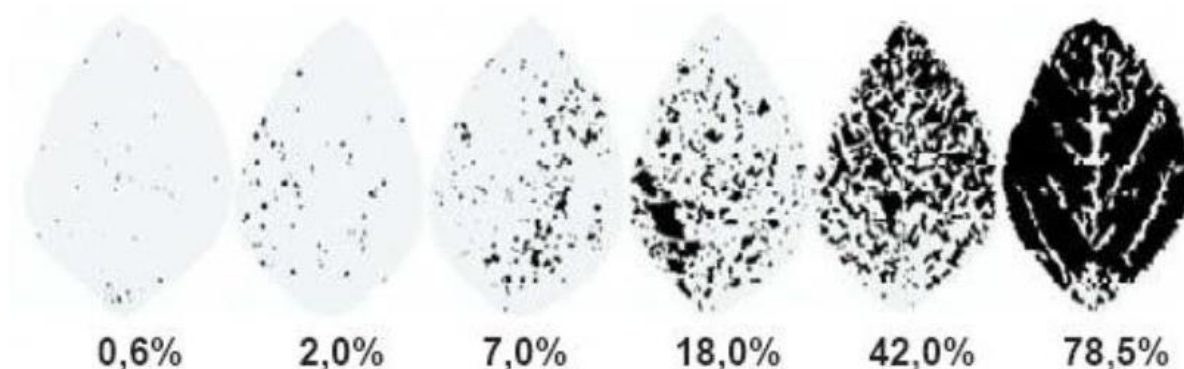
3.2 AVALIAÇÕES

O monitoramento para a detecção da ferrugem asiática da soja foi realizado a cada três dias, por meio da coleta de alguns folíolos da bordadura das unidades experimentais que, posteriormente foram analisados em laboratório a fim de identificar o início da presença da doença nas plantas. A partir da detecção da ferrugem asiática realizaram-se avaliações da severidade da doença com o auxílio da escala diagramática proposta por Godoy, Koga e Canteri (2006), conforme Figura 2.

Até o estágio R1 da cultura, a avaliação da severidade da ferrugem asiática foi realizada mediante a coleta de 10 folíolos de soja, distribuídos entre os terços inferior, médio e superior, aleatoriamente retirados de plantas da área útil de cada unidade experimental. A partir do início do estágio reprodutivo da cultura, 30 folíolos, igualmente distribuídos entre os três terços, em pontos aleatórios no interior da área útil

de cada parcela, passaram a ser coletados e avaliados. As amostras foram encaminhadas ao laboratório e, com auxílio de um microscópio estereoscópico, avaliada a severidade, em porcentagem de área foliar afetada (MELO, ROESE, GOULART, 2015). A severidade de ferrugem asiática foi determinada aos 5, 10 e 15 dias após cada aplicação de fungicida.

Figura 2 – Escala diagramática para avaliação de severidade de ferrugem asiática da soja.



Fonte: Godoy, Koga e Canteri (2006)

A partir dos valores de severidade da ferrugem, foi calculada a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), segundo a equação proposta por Campbell e Madden (1990) (VALE; JUNIOR; ZAMBOLIM, 2004), sendo:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_{i+1} - Y_i)(T_{i+1} - T_i)}{2}$$

Onde:

Y_i : severidade da doença na época da avaliação $i = (i=1\dots,n)$

Y_{i+1} : severidade da doença na época de avaliação

T_i : época de avaliação

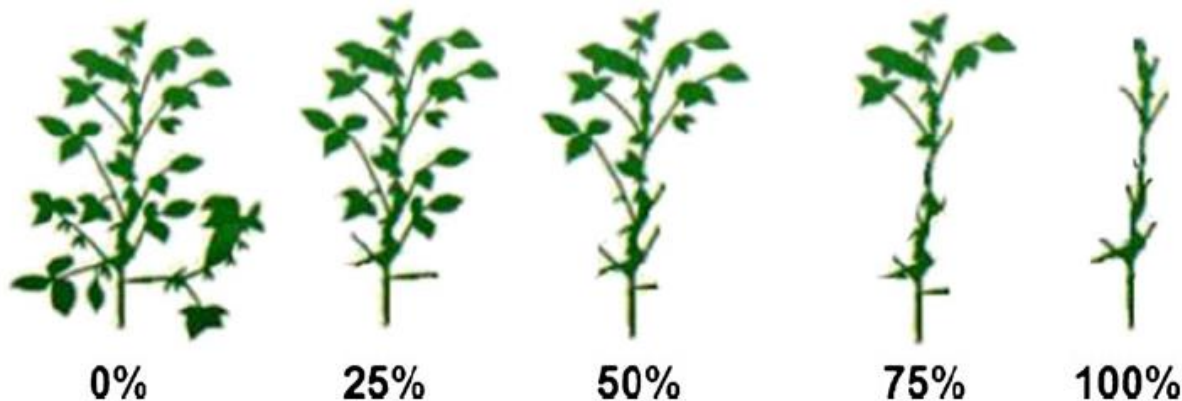
i : número de dias após a emergência das plântulas

T_{i+1} : época da avaliação $i+1$

n : número total de avaliações

Foi realizada uma avaliação da desfolha das plantas quando estas atingirem o estágio R6, utilizando uma escala diagramática, atribuindo-se notas visuais (SILVA et al.,2011) (Figura 3).

Figura 3 – Escala diagramática para avaliação da desfolha na cultura da soja.



Fonte: SILVA et al., 2011

Quando a cultura atingiu o estágio de maturação para a colheita, quatro plantas foram retiradas de cada parcela e avaliado o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, altura de inserção da primeira vagem a partir da superfície do solo.

O rendimento de grãos foi obtido a partir da colheita manual de todas as plantas da área útil das parcelas. Após a debulha manual foi realizada a determinação do peso de mil grãos (PMG) (BRASIL, 2009) e da produtividade, com correção da umidade para 13%.

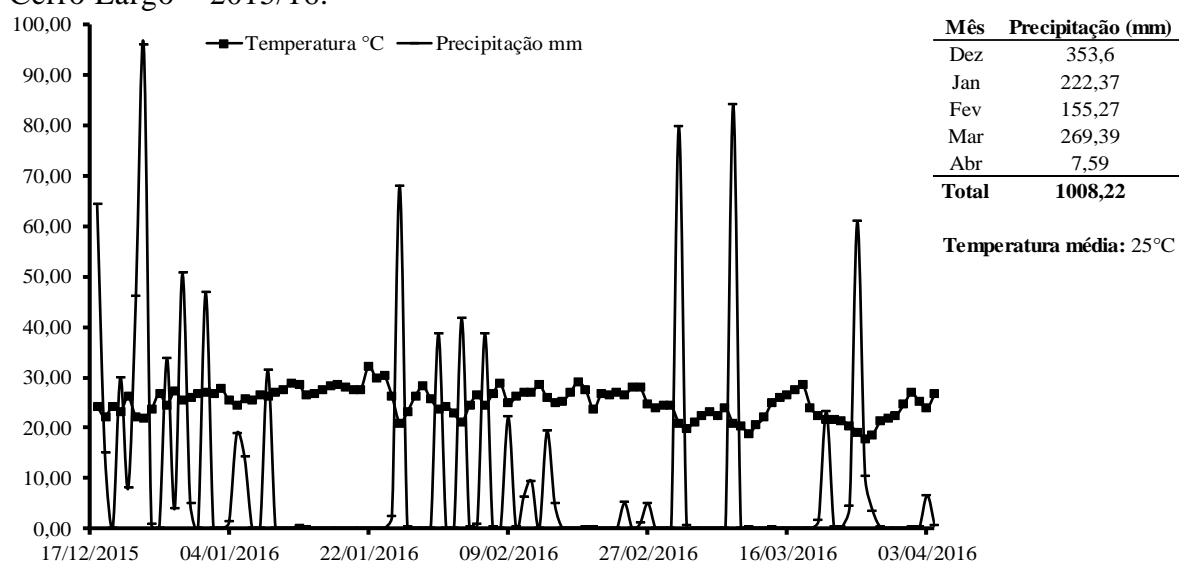
Os dados obtidos a partir da avaliação de cada uma das variáveis foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sintomas da ferrugem asiática no experimento, foram constatados 23 dias após a semeadura. Esta entrada precoce do patógeno na área ocorreu, provavelmente, devido a semeadura tardia da cultura e da alta pressão de inóculo no local, devido à presença da doença em lavouras vizinhas. Adicionalmente, as condições climáticas que ocorreram durante os primeiros estádios da cultura, como elevados índices de precipitação e temperatura média de 25°C (Figura 4) foram favoráveis ao desenvolvimento do patógeno. Esta faixa de temperatura é a ideal para que ocorra a germinação dos uredíniosporos, formação de apressório e desenvolvimento das urédias e esporulação de *P. pachyrhizi* (REIS et al., 2012).

Considerando os resultados obtidos para a AACPD, foi possível observar interação significativa entre as épocas de início de controle e programas utilizados para o controle da ferrugem asiática da soja, nas avaliações realizadas nos terços inferior e médio das plantas (Tabela 2). No terço superior não houve interação significativa entre estes fatores (Tabela 3).

Figura 4 - Distribuição e somatório de chuvas e média da temperatura no local de execução do experimento nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Cerro Largo – 2015/16.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 – Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPD) nos terços inferior e médio das plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da doença, baseado em distintos programas de controle.

AACPD			
TERÇO INFERIOR			
ÉPOCA	PROGRAMA DE CONTROLE		
	Programa 1	Programa 2	Programa 3
Primeiros Sintomas	130,87 bB	244,01 aA	157,70 bB
Estádio V6	265,18 aA	230,69 aA	262,57 aA
Estádio R1	266,21 aAB	217,43 aB	297,25 aA
CV% = 14,1			
TERÇO MÉDIO			
Primeiros Sintomas	86,19 bB	147,47 aA	85,80 bB
Estádio V6	153,99 aA	132,39 abA	139,05 aA
Estádio R1	127,26 aAB	98,34 bB	137,70 aA
CV% = 16,12			

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 2: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: multissítio + sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 3: 1ª: sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Tabela 3 – Valores médios para AACPD do terço superior das plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da doença, baseado em distintos programas de controle.

AACPD		
ÉPOCA DE CONTROLE	PROGRAMAS DE CONTROLE	
	Primeiros Sintomas	19,66 a
Estádio V6	18,06 a	15,44 a
Estádio R1	8,02 b	16,43 a
Média = 15,24		
CV% = 24,87		

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 2: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: multissítio + sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 3: 1ª: sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

No terço inferior, quando o controle da doença teve início no aparecimento dos primeiros sintomas, observou-se que o valor de AACPD foi superior no programa 2, no qual foram realizadas duas aplicações de multissítio, diferindo significativamente dos

demais programas. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que as plantas que foram tratadas ainda no aparecimento dos primeiros sintomas da doença, devido ao reduzido número de aplicações, não mais apresentavam-se protegidas pelos fungicidas na fase reprodutiva, principalmente na fase de enchimento de grãos, correspondente a fase de maior ocorrência e severidade da ferrugem asiática (DEL PONTE et al., 2006).

Quando o controle iniciou-se no estágio V6 da cultura, pôde-se verificar que não houve diferença significativa entre os programas testados. Isto pode ser explicado pelo fato de que, como neste estágio da cultura a doença já estava estabelecida nas plantas, a ação protetora do fungicida multissítio não exerceu sua função, uma vez que, o Mancozebe é um fungicida protetor e mata o fungo no processo de germinação dos esporos na superfície da planta, não apresentando efeito curativo sobre a ferrugem (REIS, E.; REIS, A., 2015).

Ao iniciar o controle da ferrugem no estágio R1, foi observado um maior valor de AACPD quando não ocorreu a adição de fungicida protetor multissítio na calda de pulverização (programa 3), diferindo estatisticamente do programa 2. Em outros ensaios, também foi verificada redução da severidade da doença quando fungicidas multissítios foram aplicados em combinação com sítio-específicos e com o controle iniciando no estágio R1 da cultura da soja (TESTON; MADALOSSO; FAVERO, 2016).

Observando os programas de controle, observou-se que, quando o controle ocorreu no aparecimento dos primeiros sintomas, proporcionou menor AACPD em relação aqueles tratamentos onde o início ocorreu no estágio V6 ou R1, dentro do programa 1 e do programa 3. Estes resultados podem estar relacionados com a elevada pressão de inóculo presente no local do experimento e as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, visto que Veiga et al (2004), também verificaram redução significativa no controle quando a aplicação dos fungicidas foi realizada na presença da doença. No entanto, quando a aplicação de fungicidas é realizada preventivamente, ou seja, antes da infecção, é observada maior eficiência de controle da doença, bem como redução no aparecimento de mutantes resistentes da ferrugem (BALARDIN; MADALOSSO, 2014). Quando se usou o programa 2, não foram observadas diferenças significativas entre as épocas de início do controle (Tabela 2).

Assim como no terço inferior, no terço médio, quando a primeira aplicação de fungicida foi realizada no início no aparecimento dos primeiros sintomas, observou-se um valor de AACPD maior no programa 2, diferindo estatisticamente dos demais, sendo

que o menor valor de AACPD ocorreu no programa 3, contudo, sem apresentar diferença significativa em relação ao programa 1. Da mesma forma que no terço inferior, ao iniciar o controle no estágio V6 da cultura, não observou-se diferença significativa entre os programas testados no terço médio das plantas. Quando o controle da ferrugem teve início no estágio R1, o menor valor de AACPD foi observado no programa 2, diferindo significativamente do programa 3. Esta menor severidade de ferrugem observada nas plantas tratadas com fungicidas multissítio em associação com sítio-específicos, pode estar relacionada ao efeito residual mais longo promovido pelo Mancozebe (FANTIN et al., 2015).

Considerando os programas de controle, foi possível verificar que no terço médio, assim como no inferior, os programas 1 e 3 apresentaram AACPD menor quando a época de início de controle foi no aparecimento dos primeiros sintomas, diferindo estatisticamente dos demais programas. As aplicações de fungicidas, quando realizadas preventivamente, são mais eficientes no controle da doença (HARTMAN, WANG; TSCHANZ, 1991; AUGUSTI et al., 2014; BARBOSA; CENTURION; FERRAUDO, 2014) e, além disso, apresentam um período residual mais longo quando comparado com aplicações curativas ou erradicantes, devido ao somatório de condições fisiológicas da planta, menor quantidade de inóculo disponível para infecção, aliado a uma maior probabilidade de o produto ser depositado em uma maior percentagem de tecido sadio da planta (BALARDIN; MADALOSSO, 2014). Já no programa 2, o menor valor de AACPD foi verificado quando iniciou-se a aplicação de fungicida no estágio R1 da cultura, sendo estatisticamente inferior ao controle no aparecimento dos primeiros sintomas.

Não obstante, nas três épocas de controle avaliadas no experimento, foi possível verificar que os maiores níveis de ferrugem asiática foram observados no terço inferior das plantas, sendo o terço superior menos afetado pela doença. Em geral, a maior incidência e severidade de ferrugem é encontrada no terço inferior das plantas de soja, devido a maior suscetibilidade das folhas mais velhas, aliado a maiores períodos de molhamento proporcionados pelo microclima e menor irradiação nas folhas baixas das plantas (FURTADO et al, 2009). Além disto, os menores índices da doença são geralmente observados no terço superior das plantas, devido ao maior equilíbrio na deposição da calda neste terço, em detrimento dos terços inferior e médio, que, por conta da dificuldade de deposição do produto apresentaram grande incidência da doença (ANTUNIASSI et al., 2008; CUNHA; JULIATTI; REIS, 2014).

No terço superior das plantas não foi possível observar interação significativa entre as épocas de início de controle e programas utilizados para o controle da ferrugem asiática da soja. No entanto, quando a aplicação de fungicidas teve início no estágio R1, verificou-se menores valores de AACPD, diferindo significativamente do controle iniciado no aparecimento dos primeiros sintomas e estágio V6 da cultura. Não houve diferença significativa nos valores de AACPD do terço superior das plantas de soja, quando relacionados aos programas de controle avaliados no experimento (Tabela 3).

Considerando os resultados obtidos para o rendimento de grãos, observou-se uma interação significativa entre aos fatores época de início de controle e programa de controle da ferrugem asiática da soja (Tabela 4).

Quando a aplicação de fungicidas teve início no aparecimento dos primeiros sintomas da ferrugem asiática, foi possível verificar que o maior rendimento foi obtido quando utilizou-se o programa de controle 2, atingindo uma produtividade de 3.252,75 Kg ha⁻¹. Contudo, os resultados obtidos neste programa não diferiram estatisticamente dos demais programas de controle empregados nessa mesma época. Ao iniciar o controle da doença no estágio V6 da cultura, o programa de controle 2 apresentou o menor rendimento (2.977,71 Kg ha⁻¹), diferindo estatisticamente dos demais. Quando as aplicações iniciaram em V6, a maior produtividade foi obtida no programa de controle 1 (3.397,39 Kg ha⁻¹), porém, não diferiu estatisticamente do programa de controle 3 (3.170,30 Kg ha⁻¹). Quando a primeira aplicação de fungicidas ocorreu no estágio R1 da cultura, verificou-se que a maior produtividade foi obtida utilizando-se o programa 2 (3.635,21 Kg ha⁻¹), no entanto, sem diferir estatisticamente dos demais programas de controle, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Trabalhos realizados, adicionando-se protetor a calda de fungicidas a base da mistura de dois fungicidas sistêmicos, já demonstraram resultados satisfatórios. Em experimento realizado, foi demonstrado que a combinação de fungicidas com mecanismos de ação sítio específico quando associados a fungicidas multissítio, resultou em menores severidades da ferrugem asiática da soja, maior eficiência de controle e maior rendimento da cultura (GODOY et al, 2015b). Em experimento desenvolvido por Juliatti et al (2016), também foi possível observar que os fungicidas protetores de ação multissítio, apresentaram controle satisfatório da ferrugem asiática, funcionando como importante ferramenta no manejo de resistência, além de proporcionar incremento no rendimento da cultura. No entanto, no presente trabalho, a adição de fungicida

multissítio à calda de pulverização não resultou em incrementos significativos no rendimento da cultura.

Este reduzido incremento no rendimento da soja nos programas de controle que eram compostos pela associação de multissítios e sítio-específicos, verificados no presente trabalho, pode ter relação com o observado por Teston, Madalosso e Favero (2016), que relataram maior eficiência de controle e maior incremento na produtividade quando os fungicidas multissítio foram associados a fungicidas que já apresentavam redução de eficiência da molécula, evidenciando que, para estes produtos, o uso de multissítios tem como função contribuir para a melhoria da eficácia de controle, aumentando o rendimento de grãos e, no manejo de resistência. Já quando associados à fungicidas com moléculas novas e que não apresentam resistência por parte do patógeno, como é o caso das Carboxamidas, o aumento da eficiência de controle e do rendimento são bem menos pronunciados, tendo, neste caso, os produtos multissítios por principal objetivo o manejo de resistência.

Tabela 4 – Produtividade (Kg ha⁻¹) da soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle

PRODUTIVIDADE (Kg ha ⁻¹)			
ÉPOCA	PROGRAMA DE CONTROLE		
	Programa 1	Programa 2	Programa 3
Primeiros Sintomas	2971,21 bA	3252,75 bA	3130,80 aA
Estádio V6	3397,39 aA	2977,71 bB	3170,30 abA
Estádio R1	3311,65 abA	3635,21 aA	3364,05 aA
CV% = 6,08			

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1^a: multissítio + sítio-específico, 2^a: sítio-específico e 3^a: sítio-específico;

Programa 2: 1^a: multissítio + sítio-específico, 2^a: multissítio + sítio-específico e 3^a: sítio-específico;

Programa 3: 1^a: sítio-específico, 2^a: sítio-específico e 3^a: sítio-específico;

Ao analisar os programas de controle, observou-se que no programa 1, a maior produtividade de grãos foi obtida quando o controle teve início no estágio V6 da cultura (3397,39 Kg ha⁻¹), diferindo significativamente da aplicação realizada no aparecimento dos primeiros sintomas da doença (2971,21 Kg ha⁻¹). No programa de controle 2, verificou-se que o maior rendimento foi obtido quando as aplicações tiveram início no estágio R1 da cultura, com produtividade significativamente superior à obtida quando o controle iniciou em V6 e no aparecimento dos primeiros sintomas. A utilização do

programa 3 não resultou em diferenças significativas, quanto ao rendimento, entre as três épocas de início do controle analisadas no experimento.

Como constatado com a produtividade, no componente do rendimento peso de mil grãos (PMG), também foi observado interação significativa entre os fatores épocas de início de controle e programas de controle da ferrugem asiática (Tabela 5).

Quando o controle teve início precocemente, no aparecimento dos primeiros sintomas da ferrugem, verificou-se que a utilização do programa de controle 2 proporcionou um PMG (128,19 g) significativamente superior ao controle com programa 1 (123,15 g), porém, não diferindo estatisticamente do PMG obtido com o programa 3 (125,27 g). Ao iniciar o controle da doença no estágio V6, o maior valor de PMG foi verificado quando utilizou-se o programa 1 (131,04 g), diferindo significativamente do PMG obtido no programa 3 (126,14 g), porém não diferindo do programa 2 (128,03 g). Com o início do controle no estágio R1 da cultura, o PMG mais elevado foi verificado quando fez-se o uso do programa 2 para o controle da ferrugem (144,83 g), diferindo significativamente dos demais programas de controle. Alguns trabalhos onde as aplicações de fungicidas multissítio ocorreram isoladamente ou em associação a sítio-específicos, demonstraram respostas positivas, quanto ao PMG, atingindo valores maiores aos verificados nos tratamentos que receberam aplicações de fungicidas sítio-específicos de forma isolada (FURLAN; LEITE; FRANCO, 2016; ALVES; SOUZA; JULIATTI, 2016).

Tabela 5 – Peso de mil grãos (PMG) da soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.

ÉPOCA	PMG (g)		
	PROGRAMA DE CONTROLE		
	Programa 1	Programa 2	Programa 3
Primeiros Sintomas	123,15 cB	128,19 bA	125,27 bAB
Estádio V6	131,04 bA	128,03 bAB	126,14 bB
Estádio R1	137,52 aB	144,83 aA	135,26 aB
CV% = 1,89			

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1^a: multissítio + sítio-específico, 2^a: sítio-específico e 3^a: sítio-específico;

Programa 2: 1^a: multissítio + sítio-específico, 2^a: multissítio + sítio-específico e 3^a: sítio-específico;

Programa 3: 1^a: sítio-específico, 2^a: sítio-específico e 3^a: sítio-específico;

Analisando os programas de controle, pode-se observar que o programa 1 obteve o maior PMG quando realizado no estágio R1 da cultura da soja, diferindo significativamente do controle efetuado nas demais épocas de início avaliadas. Assim como no programa 1, no programa de controle 2 e 3, o PMG mais elevado foi verificado quando o controle teve início tardiamente, ou seja, no estágio R1 da cultura, diferindo significativamente do controle realizado no aparecimento dos primeiros sintomas e no estágio V6 da cultura.

Considerando o componente de rendimento número de vagens por planta, foi observada interação significativa entre os fatores épocas de início de controle da ferrugem asiática e programas de controle (Tabela 6).

Quando o controle teve início no aparecimento dos primeiros sintomas da doença, pôde-se observar um maior número de vagens por plantas no programa 3, diferindo significativamente dos demais programas. Ao iniciar nos estádios V6 e R1, não foram observadas diferenças significativas em relação aos três programas avaliados.

Tabela 6 – Número de vagens por planta de soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.

NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA			
ÉPOCA	PROGRAMA DE CONTROLE		
	Programa 1	Programa 2	Programa 3
Primeiros Sintomas	59,75 aA	59,75 aB	90,00 aA
Estádio V6	67,93 aA	68,31 aA	64,68 bA
Estádio R1	73,25 aA	67,37 aA	80,12 abA
CV% = 15,69			

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 2: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: multissítio + sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 3: 1ª: sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Ao analisar os programas de controle, observou-se que o programa 1 e o programa 2 não diferiram nas três épocas de controle avaliadas, quanto ao número de vagens por planta. No entanto, quando o controle foi realizado com o programa 3, o maior número de vagens por planta foi observado quando este teve início no aparecimento dos primeiros sintomas da doença.

Para as avaliações do número de grãos por vagem e altura da primeira vagem, não observou-se interação significativa entre os fatores avaliados. Não obstante, não foi

verificada diferença significativa, tanto entre as épocas de início de controle quanto entre os programas de controle testados, para estes dois componentes do rendimento da cultura da soja (Tabela 7 e Tabela 8).

Tabela 7 – Número de grãos por vagem de soja submetida a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.

NÚMERO DE GRÃOS POR VAGEM		
	ÉPOCA DE CONTROLE	PROGRAMAS DE CONTROLE
Prim. Sintomas	2,43 ^{ns}	2,39 ^{ns}
Estádio V6	2,39	2,45
Estádio R1	2,38	2,36
Média = 2,4		
CV% = 18,36		

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 2: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: multissítio + sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 3: 1ª: sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Tabela 8 – Altura de inserção da primeira vagem em plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.

ALTURA DE INSERÇÃO DA 1ª VAGEM		
	ÉPOCA DE CONTROLE	PROGRAMAS DE CONTROLE
Primeiros Sintomas	18,12 ^{ns}	18,45 ^{ns}
Estádio V6	19,60	19,00
Estádio R1	18,29	18,56
Média = 18,67		
CV% = 9,85		

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 2: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: multissítio + sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 3: 1ª: sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Quando avaliada a severidade da desfolha das plantas de soja, não foi possível observar interação significativa entre as épocas de início de controle e programas utilizados para o controle da ferrugem asiática. No entanto, quando a aplicação de fungicidas teve início no estágio R1 da cultura, verificou-se menores severidades de

desfolha, diferindo significativamente do controle iniciado no aparecimento dos primeiros sintomas e estágio V6 da cultura (Tabela 9).

Tabela 9 – Severidade de desfolha das plantas de soja submetidas a diferentes épocas de início de controle da ferrugem asiática, baseado em distintos programas de controle.

DESFOLHA (%)		
	ÉPOCA DE CONTROLE	PROGRAMAS DE CONTROLE
Primeiros Sintomas	77,18 a	71,45 ab
Estádio V6	71,56 a	66,56 b
Estádio R1	61,77 b	72,50 a
Média = 70,17		
CV% = 8,24		

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Programa 1: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 2: 1ª: multissítio + sítio-específico, 2ª: multissítio + sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Programa 3: 1ª: sítio-específico, 2ª: sítio-específico e 3ª: sítio-específico;

Em relação aos programas de controle avaliados, pôde-se verificar que a menor severidade de desfolha foi observada quando utilizou-se o programa de controle 2, diferindo significativamente do controle com o programa 3, que apresentou a desfolha mais acentuada. A menor severidade de desfolha observada quando o controle foi realizado com fungicidas multissítio associados a sítio-específico já foi relatada por Teston, Madalosso e Favero (2016). A associação de fungicidas com distintos mecanismos de ação, possibilitam, além de maior eficiência de controle, o aumento do espectro de ação do produto, garantindo maior efeito residual, além de reduzir o risco do surgimento de populações do patógeno resistentes ao fungicida (RIBEIRO et al, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de fungicida multissítio proporciona redução da AACPD da ferrugem em função da época em que o controle é iniciado e do programa de controle adotado, nos terços inferior e médio das plantas de soja.

Sobre a produtividade e número de vagens por planta, foram observados comportamentos similares no que se refere ao aumento dessas variáveis, considerando épocas de início da pulverização e programas de controle.

Quanto aos demais componentes de rendimento e no nível de desfolha, não foram observadas interações significativas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 Abr. 2016.
- ALMEIDA, A. M. R. et al. Doenças da Soja. In: KIMATI et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Volume 2: Quarta edição. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. Cap.64, p. 569-588.
- ALVES, V.M.; SOUZA, F.S. DE; JULIATTI, F. C. Fungicidas protetores no manejo da ferrugem da soja e componentes de produtividade da cultura. In: JUNIOR, A. A. B. et al. **Resumos Expandidos da XXXV Reunião de Pesquisa da Soja**. Londrina: Embrapa, p.201-203. 2016.
- AMADO, T. J.C.; SCHLEINDWEIN, J. A.; FIORIN, J. E. Manejo do Solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema de plantio direto. In: THOMAS A. L.; COSTA, J. A. **Soja: Manejo para Alta Produtividade de Grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. cap.2, p.35-112.
- ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. de A. A. Ferrugem Asiática: uma Ameaça à Sojicultura Brasileira. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 11p. Circular Técnica, 48.
- ANTUNIASSI, U. R. et al. Desempenho de sistemas de aplicação terrestre para controle de ferrugem asiática da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS. Ribeirão Preto, 2008. Disponível em: http://www.bioaeronautica.com.br/artigos-tecnicos/arquivos/bvo-terrestre/Sintag-2008%20_Antuniassi.pdf. Acesso em: 17. Nov. 2016.
- AUGUSTI, G. R. et al. Aplicações preventivas e erradicantes de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, v.40, n.3, p. 288-289, 2014.
- ÁVILA, C. J.; SOUZA, E. C. S. Palmo a Palmo. **Cultivar: Grandes Culturas**. n.191. p.22-25. Abril, 2015.
- AZEVEDO, L. A. S.; JULIATTI, F. C.; BARRETO, M. Resistência de Genótipos de Soja à *Phakopsora Pachyrhizi*. *Summa phytopathologica*, v.33, n.3, p.252-257, 2007.
- BALARDIN, R.; MADALOSSO, M. G. Manejo para altas produtividades. **Phytus Técnica**, Santa Maria. 2014. 16p. Disponível em: <<http://clubephytus.com/content/details/38ca89564b2259401518960f7a06f94b>>. Acesso em: 24 Abr. 2016.
- BARBOSA, G. F.; CENTURION, M. A. P. da C.; FERRAUDO, A. S. Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG/BR-46 (Conquista). **Biosci. J.**, Uberlandia, v.30, supplement1, p.76-89, 2014.

BARROS, H. B. et al. Desfolha na produção de soja (*Glicine max* ‘M-SOY 109’), Cultivada no cerrado, em Gurupi-TO, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.18, n.2, p.5-10, 2002.

BERNARDI, O. Avaliação do risco de resistência de lepidópteros - praga (Lepidóptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 × MON 89788 no Brasil. **Universidade de São Paulo, USP – Esalq**, Piracicaba, 2012.

BOMFIELD, K.R.; MELCHING, J.S.; KINGSOLVER, C.H. Virulence and Aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* Isolates Causing Soybean Rust. **Phytopathology**. 1980. v.70. n.1.p.17-21.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: história e estatística. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 21).

BORGES, E. P. **Edson Pereira Borges**: Fungicida protetor é usado contra resistência da ferrugem asiática. Leonardo Gottens. Chapadão do Sul: AGROLINK, 2015. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/noticias/fungicida-protetor---233--usado-contr-resist-234-ncia-da-ferrugem-asi--225-tica_220787.html>. Acesso em: 21 Abr. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos; safra 2015/2016 – março de 2016**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_11_15_20_36_boletim_g-raos_marco_2016.pdf> Acesso em: 29 mar.2016

CONSÓRCIO antiferrugem. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net/portal/>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

COSTAMILAN, A. M.; SOARES, R. M.; ALMEIDA, A. M. R. Avaliação de resistência de genótipos de soja à ferrugem. In: ALMEIDA, A. M. R. et al., **XXXIV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul Pelotas - 25 a 27 de julho de 2006 - ATA E RESUMOS**, Pelotas, 2006. Ed.1. 342p. p.281-282.

CUNHA, J. P. A. R.; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. dos. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Biosci. J.**, Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 950-957, Jul/Ago. 2014.

DALL’ AGNOL, A.; HIRAKURI, M. H. Realidade e Perspectivas do Brasil na Produção de Alimentos e Agroenergia, com Ênfase na Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 8 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 59).

DEL PONTE, E. M. et al. Predicting Severity of Asian Soybean Rust Epidemics with Empirical Rainfall Models. **Phytopathology**, Vol. 96, n.7, 2006.

DHINGRA, O. D.; MENDONÇA, H. L.; MACEDO, D. M. Doenças e seu Controle. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. Cap.12, p. 133-155.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

FANTIN, L. H. et al. Intervalo de aplicações para o controle de ferrugem asiática da Soja e efeito de fungicidas multissítios. **Revista Cultivar**, Dez, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303517967_Intervalo_de_aplicacoes_para_o_controle_de_ferrugem_asiatica_da_Soja_e_efeito_de_fungicidas_multissitios. Acesso em: 21 nov. 2016.

FARIAS, J. R. B. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.415-421, 2001.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da Soja. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 2007. 8p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 48).

FEHR, W. R., CAVINESS, E. C. Stages of Soybean Development, Ames: Iowa State University of Science and Technology. March, 1977. 11p.

FERREIRA, M. C. **Critérios para o Início das Aplicações de Fungicida e Desempenho de Pontas de Pulverização no Controle da Ferrugem Asiática da Soja**. 2012. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

FIALLOS, F. R. G. **Efeito de Programas de Aplicação de Fungicidas no Progresso da Ferrugem, no seu Controle e na Área Foliar da Soja**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

FRAC, Brasil. Novas recomendações para o manejo da ferrugem asiática da soja. Dez. 2014. Disponível em: <<http://frac-brasil.org.br/frac/default.asp>>. Acesso em: 21 Abr. 2016.

FRAC. Recommendations for fungicide mixtures designed to delay resistance evolution. Janury 2010. Disponível em: <<http://www.frac.info>> Acesso em: 21 abr. 2016

FREITAS, M. A. et al. O que a indústria quer da soja? **Revista Cultivar Grandes Culturas**. n.26, p.16-21, 2001.

FURLAN, S. H.; LEITE, J.A.B.P.; FRANCO, D.A.S. Eficiência de fungicidas multi-sítios testados em rede para o controle da ferrugem asiática da soja no estado de São Paulo, 2015/16. In: JUNIOR, A. A. B. et al. **Resumos Expandidos da XXXV Reunião de Pesquisa da Soja**. Londrina: Embrapa, p.131-133. 2016.

FURTADO, G. Q. et al. Influência do estágio fenológico e da idade dos trifólios de soja na infecção de *Phakopsora pachyrhizi*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 118-122, 2009

GALLO, D. et al. Pragas das Plantas e seu Controle. In: GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. :il. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 10.) cap.12, p.397-912.

GHINI, R.; KIMATI, H. Resistência de Fungos a Fungicidas. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78p.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2015b. 7p. Circular Técnica, 113.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2015a. 6p. Circular Técnica, 111.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 7p. Circular Técnica, 103.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 7p. Circular Técnica, 99.

GODOY, C. V. et al. Histórico do vazio sanitário como medida de manejo da ferrugem asiática da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2006. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br/download/HistoricoVazio.doc>. Acesso em: 17 abr. 2016.

GODOY, C. V. **Cláudia Vieira Godoy**: El Niño pode favorecer doenças na safra de soja na região sul do País. Londrina: Portal EMBRAPA, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/5718952/el-nino-pode-favorecer-doencas-na-safra-de-soja-na-regiao-sul-do-pais>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G.; Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira** 31:063-068. 2006.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C. Resistência a fungicidas na cultura da soja. **Informativo Meridional**, n.51, Setembro, 2014.

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

HARTMAN, G. L.; WANG, T.C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**. vol.75. n.6. p.996-600. June, 1991.

HENNING, A. A. et al. Manual de identificação de doenças de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 3.ed. 74p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.256).

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70p.: il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 349).

HIRANO M. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.3, p.248-250, 2010.

HUNGRIA, M. et al. Fixação Biológica do Nitrogênio em Soja. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de Importância Agrícola**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap.2, p. 9-89. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 44).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação Biológica do Nitrogênio na Cultura da Soja. Londrina: Embrapa Soja. 2001. 48p. (Circular Técnica / Embrapa Soja, ISSN 1516-7860; n.35) (Circular Técnica / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-0187; n.13).

JULIATTI, F. C. et al. Fungicidas protetores, aplicados de forma isolada, no controle de ferrugem asiática e oídio na cultura da soja, safra 2015-2016. In: JUNIOR, A. A. B. et al. **Resumos Expandidos da XXXV Reunião de Pesquisa da Soja**. Londrina: Embrapa, p.113-115. 2016.

KIMATI, H. Controle Químico. In: FILHO, A. B.; KIMATI, H.; AMONIM, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. Volume 1: Terceira edição. Editora Agronômica Ceres Ltda, 1995. cap.38. p.761-785

KLOSOWSKI, A. C. **Sensibilidade de Isolados de *Phakopsora pachyrhizi* aos Fungicidas Tebuconazol (Inibidor da Desmetilação) e Azoxistrobina (Inibidor da Quinona Externa)**. 2015. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

KOGA, L. J. **Ferrugem Asiática da Soja: Resistência, Controle Químico e Tolerância**. 2008. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2008.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intraespecífica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1248-1256, nov-dez, 2005

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. O controle de qualidade agregando valor à semente de soja. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 2008. 11p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 54).

MADALOSSO, M. G. et al. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11, p.2256-2261, Nov, 2010

MADALOSSO, M. G. et al. Doenças da Soja: Fungos e Cosmopolitas. Santa Maria: [s.n.], 2015. 120 p.

MADALOSSO, M. G. **Espaço varietal e do espaçamento entre linha no patossistema soja – *Phakopsora pachyrhizi* Sidow**. 2010. 111f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MADALOSSO, M. G. Momento de aplicação do fungicida. **Phytus Técnica**. Santa Maria. ed.06. Fev. 2015.

MADALOSSO, M. G.; BALARDIN, R. Mecanismo e modo de ação do grupo químico das Carboxamidas [Inibidores da enzima Succinato Desidrogenase (SDHI)]. **Phytus Técnica**. Santa Maria. ed.06. Jan. 2015.

MADALOSSO, M. G.; FAVERA, D. D.; BALARDIN, R. Aplicação Planejada: Taxas de aplicação no controle da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja. **Cultivar: Grandes Culturas**, Jun. 2012, n.157, p.16-18.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação da soja. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 40p. (Série Divulgação Técnica Ultrafértil).

MAUAD, M. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.175-181, 2010

MELO, C. L. P.; ROESE, A. D.; GOULART, A. C. P. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. **Ciência Rural**. vol.45 n.8. Santa Maria ago. 2015. Epub 12-Maio-2015.

MENEGHETTI, R. C. et al. Avaliação da Ativação de Defesa em Soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em Condições Controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 823-829, jul./ago., 2010

MOREIRA, M. G. Soja – Análise da Conjuntura Agropecuária. Outubro, 2012.
Disponível em:
<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf>.
Acesso em: 10 abr.2016.

NAVARINI, L. et al. Controle Químico da Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.2, p.182-186, 2007.

NAVARINI, L. **Resposta de cultivares de soja ao controle químico de ferrugem asiática**. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de Interferência das Plantas Daninhas na Cultura da Soja nos Sistemas de Semeadura Direta e Convencional. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NETO, R. F. et al. Melhoramento para Manejo de Plantas Daninhas. In: NETO, R. F.; BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas para Condições de Estresses Bióticos**. Visconde do Rio Branco : Suprema, MG, 2012. Cap.8. p.201-240.

NEUMAIER, N. et al. Estresses de ordem Ecofisiológica. In: BONATO, Emílio Rizzo. **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. Cap.2, p. 45-65.

NOGUEIRA, S. S. S.; NAGAI, V. Deficiência Hídrica Simulada nos Diferentes Estádios de Desenvolvimento de um Cultivar Precoce de Soja. **Bragantia**, Campinas, 47(1): 9-14, 1988.

PAIVA, B. M.; ALVES, R. M.; HELENO, N. M. Aspectos socioeconômicos da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.230, p.7-14, 2006.

PELUZIO, J. M. et al. Influência do Desfolhamento Artificial no Rendimento de Grãos e Componentes de Produção da Soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras. V.26, n.6, p.1197-1203, nov./dez., 2002

REIS, E. M. et al. Ferrugem Asiática. In: REIS, Erlei Melo; CASA, Ricardo Trezzi. **Doenças da Soja**. Passo Fundo: Berthier, 2012. Cap.3 p.69-101.

REIS, E. M. et al. Redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia antirresistência: Por que os fungicidas falham? – 2. ed., ver. e atual.- Passo Fundo: Berthier, 2015. 56p.

REIS, E. M.; REIS, A. C. Mancozebe. Passo Fundo: Berthier, 2015. 80p.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. Manual de fungicidas: Guia para o controle químico de doenças em plantas. – 6. ed., - Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2010. 226 p.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, (40. : 2014: Pelotas, RS). Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2013/2014 e 2014/2015. / XL Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124p.

RIBEIRO, A. L. de P.; COSTA, E. C. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar BR 16, no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.767-771, 2000.

RIBEIRO, F. de C. et al. Fungicidas aplicados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática no estado do Tocantins. **Revista cultivando o saber**, Volume 9 - n°2, p. 198 a 209, 2016.

RUPE, J.; SCONYERS, L. Ferrugem asiática da soja, Ferrugem da soja. Portuguese translation by Rubens Cherubini Alves and Emerson M. Del Ponte, 2008. **The Plant Health Instructor**. 2008. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/SoybeanRustPort.aspx>>. Acesso em: 16 Abr. 2016.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, 2009. Cap.1, p. 1-5.

SILVA, J. V. C. et al. Soybean cultivar performance in the presence of soybean Asian rust, in relation to chemical control programs. **Eur J Plant Pathol** (2011) 131:409–418.

SILVA, L. H. C. P. et al. Controle da ferrugem asiática da soja com mancozebe um fungicida multissítio. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.1, p.64-67, 2015.

SINCLAIR, J.B.; HARTMAN, G.L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 25-26.

TANCREDI, F. D. et al. Nutrição Mineral e Fertilidade do Solo. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecnas, 2009. Cap.5, p. 41-69.

TAVARES, L. C. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.8, p.1357-1363, Ago, 2013.

TECNOLOGIAS de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.; 21cm. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.16).

TESTON, R.; MADALOSSO, T.; FAVERO, F. Eficiência de controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em função da aplicação de diferente fungicidas multissítio associado a produtos sítiospecífico na soja In: JUNIOR, A. A. B. et al. **Resumos Expandidos da XXXV Reunião de Pesquisa da Soja**. Londrina: Embrapa, p.137-140. 2016.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS A. L.; COSTA, J. A. **Soja: Manejo para Alta Produtividade de Grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. cap.1, p.13-33.

UGALDE, M. G. **Controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja**. 2005. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

USDA United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, Circular Series WAP 3-16 March 2016b. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 29 mar.2016.

USDA United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, Global Agricultural Information Network, CAIN Report Number: BR 1607, March 2016a. Disponível em: <http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Oilseeds%20and%20Products%20Annual_Brasilia_Brazil_4-1-2016.pdf>. Acesso em: 10 abr.2016.

VALE, F. X. R.; JUNIOR, W. C. de J.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte : Editora Perffil, 2004. 531p.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. Embrapa Trigo. Setembro, 2006. 66p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 62).

VEIGA, J. S. et al. Momento do início e intervalo de aplicação da mistura ciproconazol + Azoxistrobina na cultura da soja para controle da ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* em diferentes regiões do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, Supl. p.285, 2004.

VELLO, N. A.; SILVA, L. A. S. Genética busca atender ao consumo humano crescente. **Visão agrícola: soja**. Piracicaba, v.5, p.60-62, jan, 2006.

VIERO, V. C. **Epidemiologia Comparativa entre e Ferrugem Asiática da Soja e a Ferrugem da Folha do Trigo**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

WWF. 2014. The growth of Soy: Impacts and Solutions. (O crescimento da soja: impactos e soluções) WWF International (secretariado internacional da Rede WWF), em Gland, na Suíça. Disponível em:
<http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_relatorio_soja_port.pdf> Acesso em: 10 abr.2016.

YANG, X. B. et al. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, vol.81, N.11, 1991.

YORINORI, J. T. et al. Ferrugem da Soja: identificação e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 25p. - - (Documentos / Embrapa Soja. ISSN 1516-781X; n.204)

YORINORI, J. T. Controle da Ferrugem "Asiática" da Soja na Safra 2006/07. Londrina: Embrapa Soja, 2006. Disponível em:
<www.cnpso.embrapa.br/download/Tadashi_set_2006.doc>. Acesso em: 17 abr. 2016.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. Situação da Ferrugem Asiática da Soja no Brasil e na América do Sul. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.236).

ZAMBOLIM, L.; VENÂNCIO, W. S.; OLIVEIRA, H. F. Manejo de Resistência de Fungos a Fungicidas. Viçosa, MG : UFV, DEP, 2007. 168p.