



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RODRIGO DLUGOSZ DA SILVA

**NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO DO CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA NO FINAL DO CICLO DA SOJA
APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM DIFERENTES
INTERVALOS**

Londrina
2017

RODRIGO DLUGOSZ DA SILVA

**NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO DO CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA NO FINAL DO CICLO DA SOJA
APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM DIFERENTES
INTERVALOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva

Londrina
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Silva, Rodrigo Dlugosz da .

NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO DO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NO FINAL DO CICLO DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM DIFERENTES INTERVALOS / Rodrigo Dlugosz da Silva. - Londrina, 2017.
60 f. : il.

Orientador: Marcelo Giovanetti Canteri.

Coorientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Ferrugem Asiática da Soja - Tese. 2. Manejo Integrado de Doenças - Tese. 3. Controle Químico - Tese. 4. Intervalo de Pulverização - Tese. I. Giovanetti Canteri, Marcelo . II. Augusto de Aguiar e Silva, Marcelo . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

RODRIGO DLUGOSZ DA SILVA

**NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO DO CONTROLE DA FERRUGEM
ASIÁTICA NO FINAL DO CICLO DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE
FUNGICIDAS EM DIFERENTES INTERVALOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Debora Cristina Santiago
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Seiji Igarashi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 17 de Fevereiro de 2017.

Dedico este trabalho a Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Marcelo Giovanetti Canteri não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade, apoio e paciência.

Agradeço também ao meu Co-orientador Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silvar pela amizade, companherismo e atenção desde os tempos de graduação.

Aos colegas da fitopatologia Lucas Henrique Fantin, Ciro Hideki Sumida, Felipe Araujo, Marina Faria Bracale e a toda minha família.

Em especial agradeço a Isabela de Medeiros Costa que sempre ajudou com palavras de incentivo, respeito e amor.

Aos funcionários do programa de pós graduação em agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

SILVA, Rodrigo Dlugosz da. **Necessidade de manutenção do controle da ferrugem asiática no final do ciclo da soja após aplicação de fungicidas em diferentes intervalos.** 2017. 60 f. Dissertação Apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Estadual De Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

O controle químico é a técnica de manejo mais utilizada para controle da ferrugem asiática da soja causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. O manejo da doença com fungicidas normalmente é realizado até o final do período de enchimento de grãos, estágio fenológico R5.5, desconsiderando os potenciais danos causados nos estádios subsequentes. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar se a manutenção do controle da doença via fungicidas nos estádios finais da cultura da soja afeta a produtividade, e também avaliar a melhor época para início das aplicações e o melhor intervalo entre aplicações de fungicidas. O ensaio foi conduzido no município de Ortigueira-PR, em duas épocas de semeadura durante a safra 2015/2016. A cultivar utilizada foi DM6458 Ipro. Os tratamentos foram compostos por aplicações da mistura trifloxistrobina + protioconazol na primeira aplicação (R1 ou R3), e azoxistrobina + benzovindiflupir nas aplicações seguintes, em intervalos variáveis para cada tratamento. O tamanho da parcela foi de 3,15 m x 7 m e o delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro fatores e quatro repetições. Os fatores foram épocas de semeadura (Outubro e Janeiro), aplicação em final do ciclo, estágio R6 (com e sem), intervalos de aplicação de fungicida (14, 18, 21, 24 e 28 dias), início das aplicações (estádio R1, e estágio R3). As avaliações de severidade foram feitas semanalmente a partir do estágio R1 até o R7. Foram avaliados a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste de F, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Com base nos resultados de ensaios de controle de ferrugem asiática, conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira, Paraná, conclui-se que a aplicação adicional de fungicidas no estágio fenológico R6 da cultura da soja não alterou a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade. Aplicações iniciando em R1 resultaram em menor AACPD para semeadura em janeiro. Intervalos de 28 dias apresentaram maior AACPD e menor produtividade em relação aos demais para semeadura em Outubro e Janeiro.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*. Manejo integrado de doenças. Intervalo de pulverização. Controle químico.

SILVA, Rodrigo Dlugosz da. **Control maintenance of asian rust in soy cycle final after fungicide application in different ranges**. 2017. 60 p. Dissertation presented to the Postgraduate Program in Agronomy – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

The chemical control is the most used management technique to control Asian soybean rust caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. Fungicide management is carried out until the end of the phenological stage R5.5, disregarding the potential damage caused at subsequent stages. Thus, the objective of this study was to evaluate if the maintenance of the control of the disease using fungicides in the final stages of the soybean crop affects the productivity and also to evaluate the best time to start the applications and the best interval between fungicide applications. The trial was conducted in the municipality of Ortigueira, state of Paraná, during 2015/2016 season. The cultivar used was DM6458 Ipro. The treatments were composed of trifloxystrobin + prothioconazole in the first application (R1 or R3), and azoxystrobin + benzovindiflupir in the following applications, at varying intervals for each treatment. The plot size was 3.15 m x 7 m and the experimental design was a randomized block design, in a factorial scheme, with four factors and four replications. The factors were sowing times (October and January), application at the end of the cycle, stage R6 (with and without), intervals of application of fungicide (14, 18, 21, 24 and 28 days), start of applications , And R3 stage). Severity ratings were done weekly from the R1 to the R7 stage. The area under the disease progress curve (AUDPC) and productivity were evaluated. Data were submitted to analysis of variance by the F test, and the means of the treatments compared by the Scott-Knott test at 5% significance. Based on the results of Asian soybean rust control tests carried out at two sowing times in the Ortigueira region of Paraná, it was concluded that the additional application of fungicides at the R6 phenological stage of the soybean crop did not alter the area under the disease progress(AUDPC) and productivity. Applications starting at R1 resulted in lower AACPD for sowing in January. Interval of 28 day showed higher AACPD and lower productivity in relation to the others treatments for sowing in October and January.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*. Integrated disease management. Spray range. Chemical control.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 –	Tratamentos com fungicidas utilizados para controle da ferrugem asiática (<i>P. pachyrhizi</i>) na cultura da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.	26
Tabela 3.2 –	Condições meteorológicas observadas no momento das aplicações de fungicidas para a primeira época de semeadura (29/10/15) visando controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.	29
Tabela 3.3 –	Condições meteorológicas observadas no momento das aplicações de fungicidas para a segunda de semeadura (12/01/2016) visando controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.	30
Tabela 3.4 –	Análise de variância para épocas de semeadura (Outubro e Janeiro), aplicação em final do ciclo, estágio R6 (com e sem), início de aplicações (estádio R1 e R3) e intervalos entre aplicações de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias), visando controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.	31
Tabela 3.5 –	Análise de variância para o desdobramento intervalo de aplicações de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias) visando controle da ferrugem asiática da soja, dentro de cada nível de época de semeadura (Outubro e Janeiro).	32
Tabela 3.6 –	Análise de variância para desdobramento de épocas de semeadura (Outubro e Janeiro) dentro dos intervalos de aplicação de fungicidas (14,18, 21, 24 e 28 dias) tendo em vista controle da ferrugem asiática da soja.	34
Tabela 3.7 –	Análise de variância para Épocas de semeadura (Outubro e Janeiro), Início das aplicações (estádio R1 ou R3) e Intervalos de aplicação de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias), para controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.	37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** – Regime pluviométrico durante o período experimental – Ortigueira-PR. Fonte: Fundação abc.33
- Figura 3.2** – Produtividade de soja após aplicação de fungicidas para controle da ferrugem asiática, em diferentes intervalos de aplicação, para duas épocas de semeadura (Época 1 = outubro e Época 2 = janeiro). Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR. Colunas seguidas da mesma letra para a mesma época não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....34
- Figura 3.3** – Intervalos de aplicação em duas épocas de semeadura (Outubro e Janeiro) para ensaios de controle de ferrugem asiática da soja e produtividade em ensaios na região de Ortigueira/PR - safra 2015/2016.36
- Figura 3.4** – Início e intervalo entre aplicações no controle de ferrugem asiática da soja e produtividade em ensaios conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.38
- Figura 3.5** – Início de aplicações e intervalo de 28 dias no controle de ferrugem asiática da soja e produtividade em ensaios conduzidos em na primeira época semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.38
- Figura 3.6** – Início e intervalo entre aplicações no controle de ferrugem asiática da soja e produtividade para segunda época de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.....39
- Figura 3.7** – Início e intervalo entre aplicações no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.41
- Figura 3.8** – Intervalo entre aplicações (14, 18, 21, 24 e 28 dias) no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos na primeira época na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.41

- Figura 3.9** – Intervalo entre aplicações (14, 18, 21, 24 e 28 dias) no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos na segunda época na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.42
- Figura 3.10** – Início das aplicações de fungicidas no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1	CULTURA DA SOJA.....	8
2.1.1	Origem e Importância	8
2.1.2	Aspectos Econômicos da Soja no Brasil e no Mundo	9
2.2	FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (FAS)	10
2.2.1	Histórico	10
2.2.2	Etiologia.....	11
2.2.3	Ciclo Biológico do Patógeno.....	11
2.2.4	Ambiente e a Ferrugem Asiática da Soja	12
2.2.5	Sintomatologia.....	13
2.2.6	Manejo Integrado de Doenças	14
2.2.7	Métodos de Controle	14
2.2.7.1	Controle cultural	14
2.2.7.2	Controle genético	15
2.2.7.3	Controle químico	16
2.2.7.3.1	Triazóis (DMI – Inibidores da demetilação)	17
2.2.7.3.2	Estrobilurinas (QoI - Inibidores de Quinona Oxidase).....	18
2.2.7.3.3	Carboxamidas (SDHI - Inibidoras da Succinato Desidrogenase)	18
2.2.7.3.4	Ditiocarbamatos (EBDC - etileno-bis-ditiocarbamatos)	18
2.2.7.4	Épocas de aplicação de fungicidas	19
2.2.7.5	Controle da ferrugem asiática no final do ciclo da soja	20
3.	ARTIGO A: NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO DO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NO FINAL DO CICLO DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM DIFERENTES INTERVALOS	21
3.1	RESUMO	21
3.2	ABSTRACT	22
3.3	INTRODUÇÃO	23
3.4	MATERIAIS E MÉTODOS	25

3.4.1	CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL	25
3.4.2	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
3.4.3	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	27
3.4.4	AVALIAÇÃO E COLETA DE DADOS	28
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.6	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Para garantir maiores produções e abastecer a população nacional e internacional ao longo dos anos, a agricultura vem se desenvolvendo de forma rápida, e conseqüentemente, a produtividade aumentando conforme o desenvolvimento de novas tecnologias para os cultivos campestres, como é o caso da soja.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, originária da China. Foi introduzida no Brasil no ano de 1914 no Estado Rio Grande do Sul, tornando-se importante economicamente no Brasil apenas na década de 60 (EMBRAPA, 2011). Atualmente é a cultura mais produzida no Brasil e a quarta no mundo (CONAB, 2016).

Com a expansão do cultivo de algumas espécies, em especial a soja, nota-se ao longo dos anos que as doenças que aparecem a cada safra são um dos principais fatores limitantes para expressão do potencial produtivo da cultura.

Nesse sentido e em destaque, a ferrugem asiática da soja causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd & P. Syd., é a mais importante doença na cultura da soja no Brasil, podendo reduzir totalmente seu potencial produtivo (BALARDIN, 2002; HARTMAN et al., 2011). Segundo o Consórcio AntiFerrugem, o “custo ferrugem” entre as safras 2001/2002 e 2013/2014 superou os US\$ 20 bilhões (ABAG, 2016).

O manejo da ferrugem asiática da soja deve ser dinâmico usando técnicas como “vazio sanitário”, semeadura antecipada, uso de cultivares precoces, manejo integrado de doenças e uso de cultivares resistentes (NAVARINI et al., 2007). Entre os métodos de controle Embrapa (2011) e Godoy e Canteri (2004), dispõem que o manejo químico via pulverizações foliares é o mais utilizado para controle da doença.

Fatores como o estágio fenológico em que a planta é infectada pelo patógeno, condições ambientais, progresso da doença, período residual e eficiência dos fungicidas, são determinantes e devem ser levados em consideração para determinar o momento exato das aplicações bem como sua quantidade.

Ocorre que é comum no dia a dia observar produtores e Engenheiros Agrônomo recomendando pulverizações sem critério técnico, resultando no controle ineficiente da doença, causando dentre outras implicações

aumento do custo de produção. Em geral as recomendações técnicas sugerem que os fungicidas devam ser utilizados preventivamente, evitando pulverizações com alta pressão do patógeno e de forma curativa.

Os estádios fenológicos finais da cultura como R5 enchimento de grão e R6 vagens com enchimento pleno, são momentos complexos para identificar a real necessidade da intervenção química, pois existem alguns possíveis cenários, dentre eles, a cultura pode apresentar baixa severidade de ferrugem no final do ciclo, não havendo tempo suficiente para reduzir a produtividade, desta forma, não justificando a aplicação do fungicida.

Contudo, a severidade da doença pode estar em níveis médios, causando assim a redução da área fotossintética e desfolha precoce, afetando significativamente o rendimento da cultura, justificando neste caso o controle químico. Por fim, a cultura pode apresentar elevados índices de severidade de ferrugem no final do ciclo, não justificando a aplicações de fungicidas, pois não retornarão em incremento de produtividade (GODOY et al., 2009; NAVARRO et al., 2004).

Apesar de várias pesquisas relatarem o efeito do manejo de fungicidas para o controle de ferrugem asiática (ANDRADE; ANDRADE, 2002; SILVA JUNIOR, 2009; BARROS et al., 2008; MUELLER et al., 2009; GODOY et al., 2009), é necessário mais estudo sobre a época de aplicação de fungicidas e também os efeitos da doença nos estádios fenológicos finais da cultura.

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar se a manutenção do controle da doença via fungicidas nos estádios finais da cultura da soja afeta a produtividade e também avaliar a melhor época para início das aplicações e o melhor intervalo entre aplicações de fungicidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA SOJA

2.1.1 Origem e Importância

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das culturas mais importantes na economia mundial, e atualmente está muito diferente das ancestrais que lhe deram origem. O centro de origem e domesticação da cultura é o nordeste da Ásia (China e regiões adjacentes) onde disseminou para o Ocidente através das grandes navegações (CHUNG; SINGH, 2008).

No início do século XX, a soja passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos e, a partir de então, houve um rápido crescimento na produção, com o desenvolvimento dos primeiros cultivares comerciais (GOMES, 1990).

No Brasil, a cultura foi introduzida com os primeiros imigrantes japoneses em meados de 1908, porém citada pela primeira vez na literatura brasileira em 1914 no estado do Rio Grande do Sul, entretanto, a expansão da soja no Brasil aconteceu somente nos anos 70, com o interesse crescente da indústria de óleo e a demanda do mercado internacional (ALVES et al., 2003; EMBRAPA, 2010).

Nos últimos 40 anos, dentre as principais culturas existentes no Brasil, a da soja atingiu o maior incremento em produção e área plantada, enquanto as produções de culturas como trigo, milho, arroz, feijão, cevada e girassol cresceram no máximo, um terço desse montante (CONAB, 2016).

A importância desta cultura se deve às várias aplicações tanto na indústria alimentícia quanto na farmacêutica. Gomes (1990) observa que a maior parte da produção da soja é utilizada para a fabricação da ração animal, bem como na aplicação primária do alimento torrado e desengordurado (farelo). No entanto, pode ser utilizada desde a produção de levedo e anticorpos até a fabricação de sabões e desinfetantes, e possui a principal fração utilizada pela indústria de alimentos o óleo, empregado em margarinas, gorduras, óleos para cozinha e salada.

Em expansão está a utilização da soja para biocombustíveis fabricados a partir do grão, resultado de um crescente interesse mundial na produção e no consumo de energia renovável e limpa (FREITAS, 2011).

2.1.2 Aspectos Econômicos da Soja no Brasil e no Mundo

A soja, além de ser a principal cultura oleaginosa produzida no mundo, faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no cenário mundial (LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010). Atualmente apenas as produções mundiais de milho, trigo e arroz superaram aquela a produção obtida pela cultura da soja (CONAB, 2016).

Atingindo a marca de a 269 milhões de toneladas em 2015, a produção mundial de soja cresceu 1000% nos últimos 50 anos, com projeção de dobrar até 2050 segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) com produção de 515 milhões de toneladas (ABAG, 2016).

No Brasil, considerando o crescimento das principais culturas agrícolas entre as safras de 1976/1977 e 2015/2016, a exploração da soja foi a atividade que apresentou expansão, com um incremento de produção de 12,1 para 95,4 milhões de toneladas, e área plantada de 6,9 para 33,2 milhões de hectares (CONAB, 2016).

O grande incremento na produção mundial pode ser atribuído a diversos fatores, dentre os quais merecem destaque: o elevado teor de óleo (ao redor de 20%) e proteínas (em torno de 40%) de excelente qualidade encontrado nos grãos.

Por ser considerada uma *commodity* padronizada e uniformizada, pode ser produzida e negociada por produtores de diversos países, apresentando alta liquidez e demanda. Em virtude do incremento na oferta de tecnologias de produção, foi possível ampliar significativamente a área cultivada e a produtividade da oleaginosa (LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010).

Seguindo a tendência mundial, a cultura ganhou cada vez mais espaço na produção agrícola brasileira. Embora a soja tenha sido introduzida no Brasil no final do século XIX, durante várias décadas foi considerada uma cultura marginal, pois era explorada com a finalidade de fornecer alimentos para animais criados em pequenas propriedades do estado do Rio Grande do Sul.

Ocorre que a partir do início da década de 1970, o cultivo rompeu os limites regionais bem como o sistema tradicional de produção, e se transformou em um dos cultivos mais importantes economicamente da agricultura brasileira (EMBRAPA, 2010).

A implantação de programas de melhoramento de soja no Brasil, possibilitou o avanço da cultura para as regiões de baixa latitude, através do desenvolvimento de cultivares mais adaptadas por meio da incorporação de genes, que atrasam o florescimento mesmo em condições de fotoperíodo indutor, conferindo a característica de período juvenil longo. Isso determinou a expansão contínua em novos territórios do bioma Cerrado, estabelecendo uma nova fronteira agrícola chamada de Mapitoba, que compreende os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, nas regiões Norte e Nordeste do país (KIIHL; GARCIA, 1989).

O setor de máquinas e implementos agrícolas também avançou de forma expressiva nesse período, promovendo a modernização e aperfeiçoamento das operações do cultivo, tornando-as mais eficientes. Além disso, a adoção de biotecnologia com sementes transgênicas resistente ao glifosate, já atinge mais de 90% da área cultivada com soja no Brasil. A soja Roundup Ready (RR) da Monsanto, foi a primeira planta transgênica a ser aprovada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) para alimentação humana e animal, como também para cultivo no país no ano de 1998 (FREITAS, 2011).

2.2 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (FAS)

2.2.1 Histórico

A ferrugem asiática da soja (FAS) é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., foi descoberta primeiramente na Ásia em 1903 (HENNING, 1903). Na década de 90 foi registrada na África (URBEN; MENDES, 2003), chegando primeiramente na Uganda em 1996, e posteriormente em Zimbábue e Zâmbia no ano de 1998 (YORINORI et al., 2002a; YORINORI et al., 2002b), como também no Kênia e Zâmbia no mesmo ano (REIS; BRESOLIN, 2004) e em último lugar na África do Sul em 2001 (PRETORIUS et al., 2001).

Na América do Sul, o primeiro registro foi no Paraguai em fevereiro de 2001 (MOREL; YORINORI, 2002; YORINORI et al., 2002a; YORINORI et al., 2002b) e no ano seguinte em várias regiões do Brasil, começando pelo estado do Paraná com inóculo possivelmente proveniente do Paraguai (URBEN; MENDES, 2003), e posteriormente, no estado do Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso e

Mato Grosso do Sul (YORINORI et al., 2002a; YORINORI et al., 2002b).

Nos anos seguintes, a FAS foi identificada em todo o continente americano. Em 2002 na Argentina (ROSSI, 2003), na Colômbia em 2003 (REIS et al., 2006), no Uruguai em 2004 (STEWART et al., 2005), em 2005 no México (CÁRCAMO RODRÍGUEZ et al., 2006) e nos Estados Unidos (SCHNEIDER et al., 2005).

Ao chegar no Brasil em 2001, o fungo encontrou condições ótimas para seu desenvolvimento (BALARDIN, 2003), ocorrendo epidemias severas em todas as áreas cultivadas, em especial no estado do Mato Grosso, Goiás, norte do Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Segundo (YORINORI et al., 2005), atualmente a FAS encontra-se em todos os países produtores de soja.

2.2.2 Etiologia

O fungo pertence ao Reino *Fungi*, Filo *Basidiomycota*, Classe *Urediniomycetes*, Sub-classe *Incertae sedis*, Ordem *Uredinales*, Família *Phakopsoraceae*, Gênero *Phakopsora* e Espécie *Phakopsora pachyrhizi* Syd. e P. Syd. (AGRIOS, 2005). Os uredosporos produzidos na fase anamórfica tem forma oval com 15 a 24 µm por 18 a 34 µm, possuem paredes com 1 µm de espessura e equinulados, amarelos ou marrom-claros, hialinos, e são expelidos através do orifício central das urédias (SINCLAIR; BACKMAN, 1993).

Na fase teleomórfica os teliósporos possuem espessura de 1 a 3 µm, e são distribuídos de forma irregular em camadas de 2 a 7 esporos com cor amarelada ao pardo-claro ou hialinos (HARTMAN et al., 1999; HENNEN; REID, 2002; REIS et al., 2006).

2.2.3 Ciclo Biológico do Patógeno

Phakopsora pachyrhizi é considerado parasita biotrófico (REIS et al., 2006), assim, depende dos tecidos vivos do hospedeiro para realizar a infecção e posterior finalização do seu ciclo de vida. A FAS possui por hospedeiro principal a soja (*Glycine max*) e por principais hospedeiros secundários a *Pueraria lobata* e a *Vigna unguiculata*, pertencentes à família Fabaceae (HARTMAN et al., 1999). A principal forma de disseminação dos uredósporos ocorre pelo vento (HARTMAN;

HAUDENSHIELD, 2009), mas podem ser transportados pela chuva, como constatado em estudos de coleta e análise da chuva nos Estados Unidos (BARNES, 2009).

A germinação dos uredósporos ocorre em condições ideais de molhamento foliar e temperatura do ar. O processo infeccioso inicia-se com a emissão do tubo germinativo e em seguida pela formação do apressório, que penetra diretamente sobre a cutícula celular, e posteriormente na parede celular por força mecânica e enzimática (ALMEIDA et al., 2005; BONDE et al., 1976; KOCH et al., 1983). Após seis horas da deposição dos esporos, ocorre a penetração (BONDE et al., 1976; KOCH et al., 1983), e depois de quatro a seis horas é possível observar a formação do apressório (ZAMBENEDETTI et al., 2007).

As urédias que são formadas pela agregação de hifas (ZAMBENEDETTI, 2005), são também responsáveis por expelir os esporos. Com o progresso da doença, as lesões assumem forma poligonal, pois as hifas são limitadas pelas nervuras (REIS et al., 2006).

2.2.4 Ambiente e a Ferrugem Asiática da Soja

O patossistema da FAS está diretamente ligado a dinâmica de três principais fatores: estágio do hospedeiro, presença do patógeno e condições ambientais de temperatura do ar, radiação solar e precipitação/molhamento foliar (ALVES et al., 2006). Segundo o mesmo autor, a temperatura e duração do período de molhamento, são os principais responsáveis pelo aumento da severidade da FAS.

Del Ponte et al. (2006), Galloti et al. (2006) e Godoy et al. (2009) constataram que a severidade da ferrugem no final do ciclo da soja tem forte correlação com a precipitação pluviométrica ao longo do ciclo da cultura.

Concordando com Guyot et al. (2005) que observou a duração do período de molhamento foliar causado pela chuva e outros fatores como irrigação, nevoeiro e orvalho, verificou-se condições aptas para que ocorra o processo infeccioso e aumento da severidade de várias doenças fúngicas. No entanto, dependendo da intensidade e duração da chuva os esporos podem ser removidos da superfície das folhas pela lavagem, reduzindo assim a infecção (DUFALT et al., 2010).

A ótima temperatura do ar para infecção está entre 15 a 28°C, com 6 a 12 horas de molhamento foliar (MELCHING et al., 1989). MARCHETTI et al. (1976) definiu a temperatura do ar limite para a germinação dos esporos entre 7 a 28°C e a faixa ótima de 15 a 25°C. Já Nicolini et al. (2010a) dispôs que a faixa de 21°C é ótima e o limite está entre 5 e 30°C.

Outro fator que interfere na germinação dos uredosporos é o período de exposição à radiação solar, podendo ficar inviáveis em exposição acima de cinco horas (NICOLINI et al., 2010b).

O período de incubação do patógeno pode variar de 6 a 12 dias (ZAMBENEDETTI et al., 2007), já o período latente pode variar com a faixa de temperatura, sendo 14 dias de 7 a 17° C, 9 dias de 17 a 27° C e 11 dias de 22 a 32°C (KOCHMAN, 1979).

2.2.5 Sintomatologia

Segundo Yorinori et al (2002a) os primeiros sintomas surgem como pequenos pontos escuros (1 mm de diâmetro), com coloração esverdeada a cinza esverdeada. São observadas áreas foliares de 2 a 5 mm² cloróticas de forma poligonal delimitada pelas nervuras (REIS et al., 2006; SINCLAIR E BACKMAN, 1993). Com o progresso da doença, as urédias adquirem cor castanho-clara a escuro e liberam os uredosporos que se depositam ao redor da lesão (ALMEIDA et al., 2005). Na sequência, as lesões assumem coloração cor de palha TAN (tanish ou lesão suscetível) a castanho-avermelhada RB (redish-brown ou lesão resistente) (YORINORI, 2003; ALMEIDA et al., 2005; BONDE et al., 2006). Ao final da esporulação, o tecido lesionado escurece em ambas as faces da folha (UTIAMADA, 2003).

Os primeiros sintomas geralmente são encontrados nos trifólios do terço inferior, quando a planta está próxima ao estágio reprodutivo (REIS et al., 2006; JULIATTI, 2004), isso ocorre principalmente pelo microclima formado no dossel da cultura neste estágio fenológico, que fornece condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença (ALVES et al., 2006). Assim, pode-se observar que mesmo com os sintomas iniciais surgindo preferencialmente na fase reprodutiva, a FAS pode ser encontrada em todas os estádios da cultura (REIS et al., 2004).

A ferrugem é facilmente confundida com outras doenças, como pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodes* pv. *glycines*), cretamento bacteriano (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) e mancha parda (*Septoria glycines*) (YORINORI, 2003; EMBRAPA, 2006).

A FAS causa na folha o amarelecimento acelerado e a desfolha prematura, desta forma, impede a formação completa do grão, gerando enormes prejuízos, como perda de rendimento e a baixa qualidade do grão (GODOY; CANTERI, 2004).

2.2.6 Manejo Integrado de Doenças

O manejo integrado preconiza o uso de técnicas de controle de forma racional, integrando práticas de manejo como o monitoramento, limiar de dano econômico e modelos de previsões de doenças (ZAMBOLIM et al., 2006).

Para o controle eficiente da FAS, combinações de técnicas de manejo devem ser adotadas para aumentar o acerto e minimizar as perdas. Para isso, o planejamento deve ser antecipado, com a escolha da época correta de semeadura, população de plantas, pulverizações eficientes e o uso de fungicidas de modo adequado (YORINORI, 2007).

2.2.7 Métodos de Controle

2.2.7.1 Controle cultural

Segundo Utiamada (2003), a sobrevivência do patógeno em soja remanescente, em campos de sementes fora de época (inverno), em áreas de pivô central e em hospedeiros secundários, são as principais formas de sobrevivência do inóculo de uma safra para a outra.

Nesse contexto, o “vazio sanitário” criado em 2006, consiste em eliminar todas as plantas de soja no período de entressafra, assumindo grande importância na redução do inóculo inicial da ferrugem, diminuindo assim, a possibilidade de ocorrer infecções precoces e permitindo a racionalização das aplicações de fungicidas (GODOY et al., 2006).

A rotação de culturas com gramíneas e não cultivo da soja segunda

safrinha (cultivo em sucessão a safra de verão), é uma das estratégias do controle cultural da ferrugem, possibilitando melhor manejo de plantas voluntárias. (YORINORI, 2004; ZAMBOLIN, 2006).

Balardin (2003) dispõe que o controle dos hospedeiros secundários e adubação com maior teor de fósforo reduz a incidência da doença, e recomenda o uso de cultivares precoces para reduzir a ocorrência da doença, pois diminuem o tempo de exposição da planta ao patógeno. Desta forma, não recomenda-se semeaduras tardias, pois a pressão de inóculo é maior em função das semeaduras antecipadas. (YORINORI, 2004).

Outra estratégia indicada pelos pesquisadores é o controle adequado da irrigação, a fim de reduzir o molhamento foliar e conseqüentemente, o potencial infectivo do patógeno (REIS et al., 2006).

O maior espaçamento entre linhas e a menor densidade de plantas podem contribuir para a redução da severidade da FAS, promovendo maior aeração no dossel da cultura, facilitando a penetração dos fungicidas durante a pulverização (RAMOS et al., 2009). Heiffig et al. (2006) observaram incidências superiores de doenças em maiores densidades de plantas, onde o fechamento da linha precocemente fornece condições de umidade e temperatura do ar favoráveis ao patógeno.

2.2.7.2 Controle genético

O manejo integrado emprega as melhores estratégias para o controle das doenças, com ótimo custo/benefício e preservação ambiental. Nesse contexto, o uso de cultivares resistentes é a melhor estratégia para o controle da FAS (SHUXIAN, 2010).

Entretanto pesquisas revelam que a alta variabilidade do patógeno, que possui vários genes de virulência bem como a existência de poucos genes promotores de resistência, tornam difícil a seleção das cultivares resistentes à FAS (SOARES et al., 2009; HARTMAN et al., 2004).

As resistências podem ser divididas em dois tipos, as com especificidades de raças e as inespecíficas. A primeira é mais específica e menos durável, assim é controlada pelos genes dominantes R, já a outra por ser controlada por vários genes (poligênica) é mais duradoura (GILL; LEE; MYSORE, 2015).

Atualmente são conhecidos alguns genes que promovem resistência a *Phakopsora pachyrhizi* (Rpp), entre eles Rpp1(McLEAN; BYTH, 1980), Rpp2 (BROMFIELD; HARTWIG, 1980), Rpp3 (HARTWIG; BROMFIELD, 1983), Rpp4 (HARTWIG, 1986), Rpp5 (GARCIA et al., 2008) e Rpp6 (LI et al., 2012). Esses genes são dominantes e específicos, e a resistência de alguns deles foram quebradas rapidamente pelo patógeno (CALVO et al., 2008), fomentando o estudo de outros genes, agora recessivos, que podem fornecer estabilidade de resistência (CALVO et al, 2008; PIEROZZI et al., 2008).

Segundo elucida Hartman et al. (2005) e Oliveira et al. (2005), a busca por plantas tolerantes tornou-se uma alternativa importante no controle da doença, principalmente quando aliada a estratégias de controle, devido a dificuldade de selecionar genótipos resistentes.

2.2.7.3 Controle químico

A *Phakopsora pachyrhizi* em condições favoráveis possui grande agressividade, e para que seja controlada no momento correto é preciso o monitoramento constante da lavoura. As vistorias são essenciais, principalmente a partir do estágio reprodutivo, pois ocorrendo as condições favoráveis para o desenvolvimento da doença, recomenda-se a aplicação de fungicidas de forma imediata (YORINORI, et al. 2002a; BALARDIN, 2003). Yorinori (2005) observa que o controle químico só é eficiente quando se tem conhecimento da ocorrência da ferrugem na propriedade e na região.

Segundo ALMEIDA et al., (2009), a necessidade de aplicações de fungicidas melhor distribuídas em toda a área foliar da planta, ocasionam pulverizações na fase vegetativa da cultura, antes mesmo do total fechamento das linhas.

Godoy et al. (2009) destaca a dificuldade de identificar os sintomas iniciais da ferrugem no campo, induzindo o produtor ao uso do controle químico de forma calendarizada em estádios fenológicos pré definidos da cultura. Duener et al., (2009) relatam outros critérios para definir a necessidade da intervenção química, como monitoramento climático, parcelas armadilhas, porcentagem de incidência foliar antes do fechamento das linhas da cultura e aplicações preventivas.

É fundamental para o controle químico levar em consideração os

princípios do manejo integrado de doenças, fazendo continuamente o monitoramento da severidade e da incidência da doença em relação às condições meteorológicas atuais e futuras (ZAMBOLIM et al., 2007).

Para o controle da FAS devem ser usados obrigatoriamente os produtos registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) nas doses recomendadas pelo fabricante. Entre os fungicidas com maior eficiência estão as misturas entre os grupos dos triazóis, estrobilurinas, carboximidas e ditiocarbamatos, não sendo recomendado o uso isolado desses princípios ativos (GODOY et al., 2015).

2.2.7.3.1 Triazóis (DMI – Inibidores da demetilação)

Os fungicidas pertencentes ao grupo químico dos triazóis agem inibindo a biossíntese de ergosterol, parte integrante da membrana celular dos fungos.

O fungicida ocupa os denominados sítios ativos que são destinados à conexão da enzima 14 α -demetilase ao citocromo P-450, inibindo o processo de demetilação (RODRIGUES, 2006). Esses processos causam inchamento das células, excesso de vacuolização, processo incompleto de septação, surgimento de vesículas entre a membrana e a parede celular e a formação de inclusões membranosas (TOMLIN, 2002).

Os triazóis inibem a proliferação dos fungos após sua penetração na planta, impossibilitando a formação de pústulas e esporos, portanto, em geral, não possuem ação preventiva. (RUPE; SCONYERS, 2008).

Após seguidas safras utilizando os triazóis isolados para controle da FAS, o grupo químico reduziu significativamente sua eficiência no Brasil (REIS et al., 2015.) sendo atualmente recomendado seu uso associado a fungicidas de outros grupo químicos (GODOY et al., 2016).

Os mecanismos que provocam a perda de eficiência dos fungicidas DMI a *Phakopsora pachyrhizi* são complexos, e estão associados à mutações nos genes *cyp51* (SCHMITZ et al., 2014).

2.2.7.3.2 Estrobilurinas (QoI - Inibidores de Quinona Oxidase)

O modo de ação das estrobilurinas consiste em interferir nos diferentes processos da respiração mitocondrial, inibindo a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1, no sítio Qo, afetando a produção de ATP (RODRIGUES, 2006). Com a ação protetora, estes atuam antes que ocorra a infecção, impossibilitando a germinação dos esporos e a penetração do fungo na cutícula da folha (RUPE; SCONYERS, 2008).

Em 2013 Godoy et al. (2015) observou a redução da eficiência das estrobilurinas para o controle da FAS, ainda que nunca tenha sido recomendado o uso desse princípio ativo isolado.

O principal mecanismo de resistência dos fungos são as denominadas estrobilurinas, que já foram registradas para muitos fungos mas não ainda para as ferrugens, esta consiste na substituição de uma glicina por uma alanina na posição 143 de genes do *cyt b* (SIEROTZKI et al., 2007; SIEROTZKI E SCALLIET, 2013).

2.2.7.3.3 Carboxamidas (SDHI - Inibidoras da Succinato Desidrogenase)

Introduzidos no mercado a partir de 2013, o uso de carboxamidas para controle da FAS é recente (GUICHERIT et al., 2014). Esse grupo químico desempenha atividade inibitória da fosforilação dentro da cadeia respiratória no complexo II, interferindo o trânsito dos elétrons que atuam na fosforilação oxidativa (ENCINAS, 2004).

Apresentando ótimo resultado no controle da FAS, os fungicidas SHDI devem ser amplamente usados nas próximas safras, sendo que o número de produtos comerciais registrados com carboxamidas deve aumentar ao longo dos anos, favorecendo o aparecimento de resistência a este princípio ativo, devido à forte pressão de seleção. (GODOY et al., 2015).

2.2.7.3.4 Ditiocarbamatos (EBDC - etileno-bis-ditiocarbamatos)

Conhecidos como fungicidas multissítios, os fungicidas EBDC atuam na inativação das enzimas essenciais (FORCELINI, 1994; GHINI; KIMATI, 2000).

Os ditiocarbamatos são usados desde 1930 para o controle das doenças na agricultura. O mancozeb é o principal representante desse grupo, utilizado

tanto para o tratamento de sementes quanto para controle de mais de 400 doenças em aproximadamente 100 gêneros de plantas (GARCIA et al., 1999).

Em decorrência dos diversos eventos de redução da eficiência e resistência ao fungo *Phakopsora pachyrhizi* a outros grupos químicos, a introdução de fungicidas multissítios no manejo da FAS tornou-se uma opção para aumentar a eficácia do controle da doença e minimizar os riscos de resistência (GODOY et al., 2015).

2.2.7.4 Épocas de aplicação de fungicidas

A intervenção com o controle químico no momento errado pode reduzir a produtividade assim como a ausência de aplicação de fungicida, inviabilizando a eficiência do método (CALAÇA, 2008).

Andrade e Andrade (2002) observaram que atrasos de sete a quatorze dias na aplicação do fungicida após a detecção dos primeiros sintomas da FAS, aumenta a desfolha em 82% a 155 %, reduz o peso de 100 sementes em 10% a 15% e ainda diminui a produtividade em 16% a 37% respectivamente, comparado ao tratamento com aplicações de fungicida no surgimento dos primeiros sintomas.

Corroborando com Calaça (2008) que observou a redução da produtividade de 15 kg a 31 Kg.ha⁻¹ por dia de atraso no controle químico, quando a doença surgiu no início do período reprodutivo, Vitti et al. (2004) e Azevedo (2001) observaram que a aplicação preventiva de fungicida é uma técnica eficiente para controle da FAS, podendo aumentar significativamente o rendimento da cultura (OLIVEIRA, 2004).

Miles et al. (2003) observou a redução da produtividade da soja quando ocorre a aplicação de fungicida de forma antecipada ou atrasada em relação ao momento exato para o controle químico. Godoy e Henning (2008) e Reis et al. (2007) em seus respectivos estudos verificaram que o fator época de aplicação é fundamental para obtenção de altos rendimentos, constatando que aplicações baseadas no estágio fenológico ou calendarizadas não são as melhores formas de definir a intervenção química.

Alguns autores (ANDRADE E ANDRADE, 2002 ;SILVA JUNIOR, 2009; BARROS et al., 2008) constaram que o posicionamento correto da primeira aplicação de fungicida, os intervalos para as pulverizações seguintes e os números

de aplicações, interferem diretamente no rendimento de grãos, desfolha, abortamento de vagens e severidade da FAS.

2.2.7.5 Controle da ferrugem asiática no final do ciclo da soja

O manejo da FAS durante o ciclo da cultura determinará a intensidade da epidemia nos estádios fenológicos finais de desenvolvimento da cultura (ZAMBOLIM et al, 2007).

Godoy et al. (2009) dispuseram que a recomendação de plantio antecipado (no início do período recomendado) e o “vazio sanitário”, período na entressafra sem soja nos campos, reduz o aparecimento da doença nos estádios vegetativos. Os mesmos autores sugerem que o manejo químico do fungo *Phakopsora pachyrhizi* deve ser feito de acordo com as peculiaridades de cada safra (fontes de inóculo e condições ambientais), evitando gastos desnecessários aos produtores.

Em algumas situações o controle químico para a FAS não é recomendado, pois não apresenta retorno em produtividade, e aumenta o custo de produção.

São dois cenários. O primeiro ocorre quando a entrada do patógeno na cultura aparece próximo aos estádios finais do ciclo (R5 enchimento de grão e R6 vagens com enchimento pleno e folhas verdes) conforme observado por Calaça (2008), Hoffmann (2003) e Reunião (2006), já o segundo cenário ocorre quando a severidade da doença encontra-se em níveis elevados, não justificando a aplicação de fungicida. Navarro et al. (2004) e Godoy et al. (2009) observaram que as pulverizações de fungicidas com níveis de severidade próximos a 50% não apresentam retorno em produtividade, se equivalendo a testemunha sem controle.

Portanto, o uso do controle químico para o manejo da FAS é fundamental, rápido e eficiente, mas a tomada de decisão deve ser respaldada por conhecimento técnico adequado (REIS et al., 2007), para que não seja feito uso indevido ou fora da época recomendada, evitando problemas com eficiência de controle e gastos desnecessários (YORINORI et al., 2004).

3. ARTIGO A: NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO DO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NO FINAL DO CICLO DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS EM DIFERENTES INTERVALOS

3.1 RESUMO

O controle químico é a técnica de manejo mais utilizada para controle da ferrugem asiática da soja causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. O manejo da doença com fungicidas normalmente é realizado até o final do período de enchimento de grãos, estágio fenológico R5.5, desconsiderando os potenciais danos causados nos estádios subsequentes. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar se a manutenção do controle da doença via fungicidas nos estádios finais da cultura da soja afeta a produtividade e também avaliar a melhor época para início das aplicações e o melhor intervalo entre aplicações de fungicidas. O ensaio foi conduzido no município de Ortigueira-PR, em duas épocas de semeadura durante a safra 2015/2016. A cultivar utilizada foi DM6458 Ipro. Os tratamentos foram compostos por aplicações da mistura trifloxistrobina + protioconazol na primeira aplicação (R1 ou R3), e azoxistrobina + benzovindiflupir nas aplicações seguintes, em intervalos variáveis para cada tratamento. O tamanho da parcela foi de 3,15 m x 7 m e o delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro fatores e quatro repetições. Os fatores foram épocas de semeadura (Outubro e Janeiro), aplicação em final do ciclo, estágio R6 (com e sem), intervalos de aplicação de fungicida (14, 18, 21, 24 e 28 dias), início das aplicações (estádio R1, e estágio R3). As avaliações de severidade foram feitas semanalmente a partir do estágio R1 até o R7. Foram avaliados a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste de F, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Com base nos resultados de ensaios de controle de ferrugem asiática, conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira, Paraná, conclui-se que a aplicação adicional de fungicidas no estágio fenológico R6 da cultura da soja não alterou a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade. Aplicações iniciando em R1 resultaram em menor AACPD para semeadura em janeiro. Intervalos de 28 dias apresentaram maior AACPD e menor produtividade em relação aos demais para semeadura em Outubro e Janeiro.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, Manejo integrado de doenças, Intervalo de pulverização, Controle químico.

3.2 ABSTRACT

The chemical control is the most used management technique to control Asian soybean rust caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. Fungicide management is carried out until the end of the phenological stage R5.5, disregarding the potential damage caused at subsequent stages. Thus, the objective of this study was to evaluate if the maintenance of the control of the disease using fungicides in the final stages of the soybean crop affects the productivity and also to evaluate the best time to start the applications and the best interval between fungicide applications. The trial was conducted in the municipality of Ortigueira, state of Paraná, during 2015/2016 season. The cultivar used was DM6458 Ipro. The treatments were composed of trifloxystrobin + prothioconazole in the first application (R1 or R3), and azoxystrobin + benzovindiflupir in the following applications, at varying intervals for each treatment. The plot size was 3.15 m x 7 m and the experimental design was a randomized block design, in a factorial scheme, with four factors and four replications. The factors were sowing times (October and January), application at the end of the cycle, stage R6 (with and without), intervals of application of fungicide (14, 18, 21, 24 and 28 days), start of applications , And R3 stage). Severity ratings were done weekly from the R1 to the R7 stage. The area under the disease progress curve (AUDPC) and productivity were evaluated. Data were submitted to analysis of variance by the F test, and the means of the treatments compared by the Scott-Knott test at 5% significance. Based on the results of Asian soybean rust control tests carried out at two sowing times in the Ortigueira region of Paraná, it was concluded that the additional application of fungicides at the R6 phenological stage of the soybean crop did not alter the area under the disease progress(AUDPC) and productivity. Applications starting at R1 resulted in lower AACPD for sowing in January. Interval of 28 day showed higher AACPD and lower productivity in relation to the others treatments for sowing in October and January.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*. Integrated disease management. Spray range. Chemical control.

3.3 INTRODUÇÃO

Para garantir maiores produções e abastecer a população nacional e internacional ao longo dos anos, a agricultura vem se desenvolvendo de forma rápida, e conseqüentemente, a produtividade aumentando conforme o desenvolvimento de novas tecnologias para os cultivos campestres, como é o caso da soja.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, originária da China. Foi introduzida no Brasil no ano de 1914 no Estado Rio Grande do Sul, tornando-se importante economicamente no Brasil apenas na década de 60 (EMBRAPA, 2011). Atualmente é a cultura mais produzida no Brasil e a quarta no mundo (CONAB, 2016).

Com a expansão do cultivo de algumas espécies, em especial a soja, nota-se ao longo dos anos que as doenças que aparecem a cada safra são um dos principais fatores limitantes para expressão do potencial produtivo da cultura.

Nesse sentido e em destaque, a ferrugem asiática da soja causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd & P. Syd., é a mais importante doença na cultura da soja no Brasil, podendo reduzir totalmente seu potencial produtivo (BALARDIN, 2002; HARTMAN et al., 2011). Segundo o Consórcio AntiFerrugem, o “custo ferrugem” entre as safras 2001/2002 e 2013/2014 superou os US\$ 20 bilhões (ABAG, 2016).

O manejo da ferrugem asiática da soja deve ser dinâmico usando técnicas como “vazio sanitário”, semeadura antecipada, uso de cultivares precoces, manejo integrado de doenças e uso de cultivares resistentes (NAVARINI et al., 2007). Entre os métodos de controle Embrapa (2011) e Godoy e Canteri (2004), dispõem que o manejo químico via pulverizações foliares é o mais utilizado para controle da doença.

Fatores como o estágio fenológico em que a planta é infectada pelo patógeno, condições ambientais, progresso da doença, período residual e eficiência dos fungicidas, são determinantes e devem ser levados em consideração para determinar o momento exato das aplicações bem como sua quantidade.

Ocorre que é comum no dia a dia observar produtores e Engenheiros Agrônomo recomendando pulverizações sem critério técnico, resultando no controle ineficiente da doença, causando dentre outras implicações

aumento do custo de produção. Em geral as recomendações técnicas sugerem que os fungicidas devam ser utilizados preventivamente, evitando pulverizações com alta pressão do patógeno e de forma curativa.

Os estádios fenológicos finais da cultura como R5 enchimento de grão e R6 vagens com enchimento pleno, são momentos complexos para identificar a real necessidade da intervenção química, pois existem alguns possíveis cenários, dentre eles, a cultura pode apresentar baixa severidade de ferrugem no final do ciclo, não havendo tempo suficiente para reduzir a produtividade, desta forma, não justificando a aplicação do fungicida.

Contudo, a severidade da doença pode estar em níveis médios, causando assim a redução da área fotossintética e desfolha precoce, afetando significativamente o rendimento da cultura, justificando neste caso o controle químico. Por fim, a cultura pode apresentar elevados índices de severidade de ferrugem no final do ciclo, não justificando a aplicações de fungicidas, pois não retornarão em incremento de produtividade (GODOY et al., 2009; NAVARRO et al., 2004).

Apesar de várias pesquisas relatarem o efeito do manejo de fungicidas para o controle de ferrugem asiática (ANDRADE; ANDRADE, 2002; SILVA JUNIOR, 2009; BARROS et al., 2008; MUELLER et al., 2009; GODOY et al., 2009), é necessário mais estudo sobre a época de aplicação de fungicidas e também os efeitos da doença nos estádios fenológicos finais da cultura.

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar se a manutenção do controle da doença via fungicidas nos estádios finais da cultura da soja afeta a produtividade e também avaliar a melhor época para início das aplicações e o melhor intervalo entre aplicações de fungicidas.

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

3.4.1 CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento realizado no presente estudo foi conduzido na Fazenda Campina dos Pupos, localizada no município de Ortigueira, Microregião Centro Oriental do Estado do Paraná (24° 13' 39.025" S 50° 45' 17.521" O, 750 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, pertence a Cfa, ou seja, subtropical úmido com verão quente, sendo que a temperatura média no mês mais quente é acima de 22 °C, e no mês mais frio é inferior a 18 °C (mesotérmico) (IAPAR, 2015). Nota-se que há uma maior tendência de volume de chuva no verão, no entanto não há estação seca definida.

O solo é classificado como latossolo vermelho distrófico argiloso (Embrapa, 2006). Há mais de 15 anos a área é cultivada em sistema de plantio direto, com rotação de culturas como soja (*Glycine max* (L.) Merrill), milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.) e aveia (*Avena strigosa* Schreb). No caso em análise, a cultura anterior ao experimento foi o trigo.

3.4.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial com quatro fatores repetições. Foram utilizados quatro fatores: Época de semeadura, composto por duas épocas 29/10/2015 e 12/01/2016, Aplicação em R6, tratamentos aplicados ou não no estágio fenológico R6, Início das aplicações, com aplicações começando em R1 e R3, e intervalo entre aplicações, sendo intervalos de 14, 18, 21, 24 e 28 dias após R1 e/ou R3.

Ainda, houveram dois tratamentos que se diferenciaram no intervalo de aplicação do fungicida, sendo o tratamento 3.1 testemunha sem aplicação de fungicida e o tratamento 2 “controle total”, recebendo 4 aplicações de fungicida, aos 45, 60, 75 e 90 dias após o plantio.

Os tratamentos foram esquematizados na Tabela 1. Sendo que os tratamentos de 3 a 22 variaram o estágio fenológico da primeira aplicação de fungicida (R1 – início do florescimento ou R3 – final do florescimento), número de dias entre a primeira e a segunda aplicação de fungicida (R1 + 14 – quatorze dias após a

aplicação realizada em R1) e a presença ou ausência de aplicação de fungicida no estágio fenológico R6 (vagens com enchimento pleno 100% e folhas verdes).

Tabela 3.1 - Tratamentos com fungicidas utilizados para controle da ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) na cultura da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.

Tratamentos				
	Aplicações de fungicida			
	1 ^a *	2 ^a *	3 ^a *	4 ^a *
T1 - Testemunha		Sem aplicação de fungicida		
T2 – Controle Total	45 DAS	60 DAS	75 DAS	90 DAS
Tratamento 3	R1	R1+14	R6	-
Tratamento 4	R1	R1+18	R6	-
Tratamento 5	R1	R1+21	R6	-
Tratamento 6	R1	R1+24	R6	-
Tratamento 7	R1	R1+28	R6	-
Tratamento 8	R3	R3+14	R6	-
Tratamento 9	R3	R3+18	R6	-
Tratamento 10	R3	R3+21	R6	-
Tratamento 11	R3	R3+24	R6	-
Tratamento 12	R3	R3+28	R6	-
Tratamento 13	R1	R1+14	-	-
Tratamento 14	R1	R1+18	-	-
Tratamento 15	R1	R1+21	-	-
Tratamento 16	R1	R1+24	-	-
Tratamento 17	R1	R1+28	-	-
Tratamento 18	R3	R3+14	-	-
Tratamento 19	R3	R3+18	-	-
Tratamento 20	R3	R3+21	-	-
Tratamento 21	R3	R3+24	-	-
Tratamento 22	R3	R3+28	-	-

DAS: Representa a aplicação de fungicida realizada aos 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura.

1^a: Primeira aplicação de fungicida realizada no estágio fenológico R1 (início da floração) para os tratamentos 3 ao 7 e 13 ao 17, e no estágio fenológico R3 (final da floração) para os tratamentos 8 ao 12 e 18 ao 22, conforme descrito na tabela.

2^a: R1 +14 representa que a segunda aplicação de fungicida foi realizada 14 dias após o estágio R1 (início da floração) e R3 +14 representa que a segunda aplicação de fungicida foi realizada 14 dias após o estágio R3 (final da floração), e assim sucessivamente.

3^a: R6 representa que a terceira aplicação de fungicida foi realizada no estágio fenológico R6 (vagens com enchimento pleno 100% e folhas verdes) e “-“ onde não foi realizado aplicação.

4^a: Quarta aplicação de fungicida realizada somente no tratamento 2 (controle total).

As parcelas experimentais possuíam dimensão de 3,15 m x 7 m, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A área útil foi de 8,1 m² (3 linhas x 6 m) sobrando duas linhas na bordadura direita que não receberam aplicação de

fungicida, funcionando como fonte de inóculo de ferrugem.

3.4.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A cultivar de soja utilizada no experimento foi a DM 6458 IPRO, grupo de maturação 6.0 e peso médio de 1000 sementes de 162 gramas.

A adubação realizada foi baseada na análise de solo, utilizando-se 415 kg.ha⁻¹ do adubo SFS (Super Fosfato Simples) e, posteriormente, 100 kg.ha⁻¹ de KCl (Cloreto de Potássio) em cobertura.

Antes da semeadura, as sementes de soja foram tratadas com fungicida (Piraclostrobina 25 g.L⁻¹ + Metil Tiofanato 225 g.L⁻¹) e inseticida (Fipronil 250 g.L⁻¹) na dose de 200 ml p.c./100 kg de semente, e inoculadas com estirpes específicas de *Bradyrhizobium elkanii* em meio líquido na concentração de 1,5 x 10⁹ unidades formadoras de colônias.ml⁻¹ (150 ml p.c. para cada 50 kg de sementes).

Para a semeadura, foi utilizada uma semeadora de 11 linhas John Deere modelo 1111, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e regulagem para distribuir 12 sementes por metro linear.

O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida glifosato (3 L p.c.ha⁻¹), já para o controle de percevejo verde (*Nezara viridula*) e percevejo marrom (*Euschistus heros*) foi utilizado o inseticida acefato (2 kg p.c.ha⁻¹).

Para o controle da FAS utilizou-se na primeira aplicação o fungicida trifloxistrobina (150 g.L⁻¹) + protioconazol (175 g.L⁻¹) na dosagem de 400 mL p.c.ha⁻¹ acrescido de óleo metilado de soja, na dose de 0,25 % (500 mL p.c.ha⁻¹). Para a segunda, terceira e quarta pulverização de fungicida foi utilizado azoxistrobina (300 g.Kg⁻¹) + benzovindiflupir (150 g.Kg⁻¹) na dose 300 g p.c.ha⁻¹ acrescido de óleo mineral (428 g.L⁻¹) na dose de 0,5 L p.c. para 100 litros de calda. As condições meteorológicas durante as aplicações de fungicidas estão representadas na tabela (3.2 e 3.3).

O volume de calda nas aplicações foi equivalente a 200 litros ha⁻¹, à pressão de 20 lb/pol², executadas com pulverizador costal de CO₂, composto por uma barra de 2 metros e 4 bicos jato leques XR11002 produzindo gotas finas.

3.4.4 AVALIAÇÃO E COLETA DE DADOS

As avaliações de severidade foram realizadas visualmente, com auxílio da escala diagramática desenvolvida por Godoy, Koga e Canteri (2006). Foi observado a porcentagem de área com sintomas de ferrugem nas folhas do terço inferior, médio e superior das plantas em 4 pontos por parcela, iniciando-se no florescimento (R1) prosseguindo em intervalos semanais. Foram feitas 9 e 8 avaliações de severidade na primeira época e segunda época de semeadura respectivamente. Quanto às avaliações de desfolha, esta foi realizada no estágio fenológico R7 (início da maturação) por meio de análise visual, seguindo escala diagramática desenvolvida por Hirano et al. (2010).

A variável área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada integrando-se os valores médios de severidade de cada parcela (CAMPBELL e MADDEN, 1990).

Para a determinação da produtividade, foi realizado a colheita manual da área útil das parcelas. Após colher cada parcela separadamente, os grãos foram armazenados em sacos para posterior trilhagem e pesagem.

A produtividade foi obtida por meio da pesagem dos grãos colhidos na área útil em cada parcela experimental, com padronização da umidade para 13% utilizando a seguinte fórmula: $\text{Peso líquido por hectare} = \frac{((\text{Peso da parcela} \times 10000) / \text{Tamanho da parcela}) \times (100 - \text{Umidade medida})}{87}$.

O teor de umidade dos grãos após a colheita foi determinado por um medidor de capacitância digital, modelo (GAC, 2100), previamente ajustado e calibrado para a cultura da soja.

Os dados de produtividade e área abaixo da curva de progresso da doença foram submetidos a análise de variância e, posteriormente, as interações desdobradas, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância, por meio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

Tabela 3.2- Condições meteorológicas observadas no momento das aplicações de fungicidas para a primeira época de semeadura (29/10/15) visando controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.

Data	Estádio*	Início		Término	
		Temp. (°C)	UR(%)	Temp. (°C)	UR(%)
15/12/15	CT	25	62	25	61
16/12/15	R1	28	72	26	73
30/12/15	CT	23	94	23	93
30/12/15	R1+14	23	94	23	93
03/01/16	R1+18	24	85	25	80
03/01/16	R3	24	85	25	80
06/01/16	R1+21	26	89	25	86
09/01/16	R1+24	24	95	24	94
13/01/16	R1+28	29	70	29	71
14/01/16	CT	26	79	27	73
17/01/16	R3+14	26	78	23	87
21/01/16	R3+18	29	59	29	59
24/01/16	R3+21	22	100	23	99
27/01/16	R3+24	24	75	24	78
31/01/16	CT	24	80	24	87
31/01/16	R3+28	24	80	24	87
06/02/16	R6	28	63	26	74

CT Aplicação para o tratamento 2 – Controle total.

R1 Aplicação no estágio R1 (início da floração).

R1 +14 representa que a aplicação de fungicida foi realizada 14 dias após o estágio R1 (início da floração) e **R3 +14** representa que a aplicação de fungicida foi realizada 14 dias após o estágio R3 (final da floração), e assim sucessivamente.

R6 representa que a aplicação de fungicida foi realizada no estágio fenológico R6 (vagens com enchimento pleno 100% e folhas verdes)

Tabela 3.3 - Condições meteorológicas observadas no momento das aplicações de fungicidas para a segunda de semeadura (12/01/2016) visando controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.

Data	Estádio*	Início		Término	
		Temp. (°C)	UR(%)	Temp. (°C)	UR(%)
20/02/16	CT	25	92	24	97
26/02/16	R1	24	89	23	95
06/03/16	CT	28	50	25	60
06/03/16	R3	28	50	25	59
11/03/16	R1+14	25	62	23	72
15/03/16	R1+18	23	78	22	86
18/03/16	R1+21	28	60	25	77
20/03/16	R3+14	26	61	23	82
21/03/16	CT	28	58	26	69
21/03/16	R1+24	28	58	26	69
24/03/16	R3+18	22	89	21	91
25/03/16	R1+28	23	87	23	86
27/03/16	R3+21	23	60	20	70
30/03/16	R3+24	29	66	25	85
03/04/16	R3+28	30	56	27	70
05/04/16	CT	28	62	25	77
08/04/16	R6	28	60	25	70

CT Aplicação para o tratamento 2 – Controle total.

R1 Aplicação no estágio R1 (início da floração).

R1 +14 representa que a aplicação de fungicida foi realizada 14 dias após o estágio R1 (início da floração) e **R3 +14** representa que a aplicação de fungicida foi realizada 14 dias após o estágio R3 (final da floração), e assim sucessivamente.

R6 representa que a aplicação de fungicida foi realizada no estágio fenológico R6 (vagens com enchimento pleno 100% e folhas verdes)

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de produtividade e AACPD foram submetidos a análise de variância e teste F ao nível de 5% de significância, considerando esquema fatorial com quatro fatores (Época de semeadura, Aplicação em R6, Início das aplicações e Intervalo entre aplicações).

Os resultados para produtividade apresentaram diferença significativa para o fator época ($p < 0,05$), interação época * intervalo de aplicações ($p < 0,05$) e para a interação tripla época * início das aplicações * intervalo de aplicações (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Análise de variância para épocas de semeadura (Outubro e Janeiro), aplicação em final do ciclo, estágio R6 (com e sem), início de aplicações (estádio R1 e R3) e intervalos entre aplicações de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias), visando controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{calc} ,	p.valor	
Bloco	3	78458	78458	1,52	0,21	
Época	1	215731773	215731773	4202.16	0,002	***
Aplicação R6	1	1476	1476	0,02	0,86	
Início das aplicações	1	159115	159115	3,09	0,08	
Intervalos de Aplicação	4	302000	75500	1,47	0,21	
Época * Intervalo	4	1013142	253286	4,93	0,001	***
Apl. R6 * Intervalo	4	32480	8120	0,15	0,95	
Época * Apl. R6	1	3991	3991	0,07	0,78	
Início * Intervalo	4	297045	74261	1,44	0,22	
Época * Início	1	4257	4257	0,08	0,77	
Apl. R6 * Início	1	820	820	0,01	0,89	
Época * Apl. R6 * Intervalo	4	135514	33878	0,65	0,62	
Época * Início * Intervalo	4	7993655	199841	3,89	0,005	***
Apl. R6 * Início * Intervalo	4	72840	18210	0,35	0,84	
Época * Apl. R6 * Intervalo	1	1	1	0	0,99	
Época * Apl. R6 * Início * Intervalo	4	61183	15296	0,29	0,87	
Resíduo	119	6109251	51338			

GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados dos tratamentos, QM= Quadrado médio, F_{calc}= Valor de F calculado, Pvalor= valor de probabilidade. *** significativa a 5%, pelo teste F.

Para averiguar os fatores que apresentaram diferenças no quadro de análise de variância, as interações e fatores foram desdobrados, isto é, foram avaliados os níveis de um fator (exemplo: época 1 e época 2) dentro dos outros fatores. Exemplo é a análise dos tratamentos com diferentes intervalos de aplicação (14,18,21,24 e 28 dias) testados para primeira e segunda época de semeadura.

O resultado para o fator época de semeadura apresentou diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos conduzidos na primeira e segunda época (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Análise de variância para o desdobramento intervalo de aplicações de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias) visando controle da ferrugem asiática da soja, dentro de cada nível de época de semeadura (Outubro e Janeiro).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p.valor	
1ª Época de semeadura	21	2816073	134098	2,640551	0,000461	***
2ª Época de semeadura	21	2188459	104212	2,052055	0,007971	***

*** significativa a 5%, pelo teste F.

Os resultados indicam que os tratamentos da época 1 foram significativamente superiores aos tratamentos da segunda época em produtividade. O resultado pode estar relacionado com problemas hídricos no momento de instalação e início do desenvolvimento da segunda época, observado na Figura 3.1, com acumulado mensal de precipitação em janeiro abaixo de 50 mm, significativamente abaixo da média histórica da região de aproximadamente 200 mm, e principalmente a redução de produtividade causada pela alta severidade de doença.

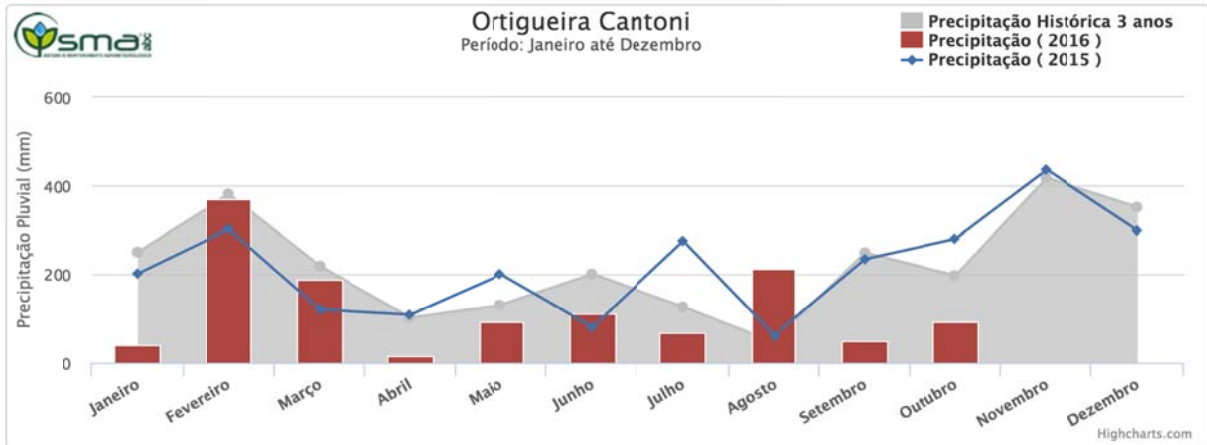


Figura 3.1 – Regime pluviométrico durante o período experimental – Ortigueira-PR.
Fonte: Fundação abc.

Outros fatores que contribuíram para a redução de produtividade na segunda época de semeadura foi a ocorrência de chuva de granizo no estágio de desenvolvimento R5 (início do enchimento dos grãos), comprometendo a área foliar da cultura como derrubando vagens. E a data tardia de semeadura, pois duas tentativas anteriores de instalar a segunda época do experimento no campo, foram frustradas. A primeira em novembro por excesso de chuva (Figura 3.1) prejudicando a germinação inviabilizando o campo experimental, e a segunda em dezembro por ataque de pombos.

O quadro de análise de variância da interação entre época de semeadura e Intervalo de aplicação apresentou significância ($p < 0,05$) para todos os intervalos de aplicação dentro das épocas (Tabela 3.6). Os resultados apontam que existiu diferença significativa de produtividade entre o mesmo intervalo nas duas épocas. Ou seja, a produtividade na primeira época com determinado intervalo de aplicação foi superior ao tratamento correspondente na segunda época.

Tabela 3.6 - Análise de variância para desdobramento de épocas de semeadura (Outubro e Janeiro) dentro dos intervalos de aplicação de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias) tendo em vista controle da ferrugem asiática da soja.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{calc} ,	p.valor
Época * Intervalo (14d)	1	40167783	40167783.39	748.4087	<0,01 ***
Época * Intervalo (18d)	1	42483707	42483707.04	791.5591	<0,01 ***
Época * Intervalo (21d)	1	36562950	36562950.01	681.2432	<0,01 ***
Época * Intervalo (24d)	1	42831485	42831485.40	798.0389	<0,01 ***
Época * Intervalo (28d)	1	54698989	54698989.04	1019.155	<0,01 ***
Resíduo	137	7352916	53670.92		

GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados dos tratamentos, QM= Quadrado médio, F_{calc}= Valor de F calculado, Pvalor= valor de probabilidade. *** significativa a 5%, pelo teste F.

Realizando o desdobramento das épocas de semeadura dentro dos intervalos de aplicação. De outro modo, observando a diferença entre a produtividade da primeira e segunda época nos intervalos de 14, 18, 21, 24 e 28 dias. Os resultados do teste de Skott-knott indicam que, em geral, a produtividade dos tratamentos foi superior na primeira época (Figura 3.2).

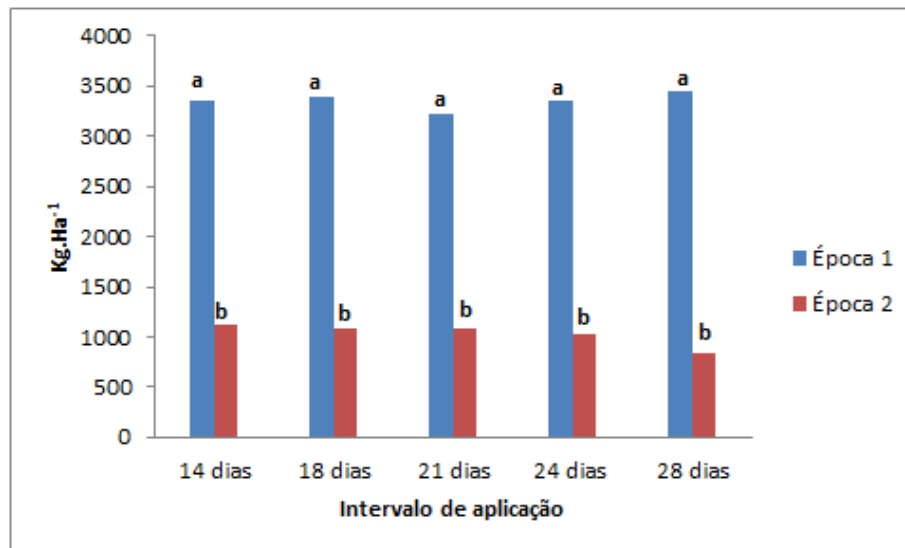


Figura 3.2 – Produtividade de soja após aplicação de fungicidas para controle da ferrugem asiática, em diferentes intervalos de aplicação, para duas épocas de semeadura (Época 1 = outubro e Época 2 = janeiro). Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR. Colunas seguidas da mesma letra para a mesma época não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados podem estar associados a problemas meteorológicos e a alta severidade de doença na segunda época de semeadura, iniciando a infecção precoce, já nos estádios vegetativos, e com média de 7% na primeira avaliação de doença no estágio R1, além do estresse hídrico nos primeiros estádio fenológicos, já citado (Figura 3.1). Já na primeira época, o primeiro caso de ferrugem foi identificado na parcela testemunha sem aplicação somente em R2/R3 (final da floração e início da formação dos legumes). Sediayama (2013) observam que o período reprodutivo é a fase mais crítica da cultura. A ocorrência de problemas nesta fase chega a levar a reduções de até 50 % de produtividade.

Em contrapartida, períodos de estiagem neste período podem favorecer o atraso na entrada e evolução da ferrugem asiática, já que o ambiente não apresentará as condições necessários de umidade para infecção. Del ponte et al. (2006) avaliando resultados de 34 ensaios conduzidos em 21 locais observaram que o aumento na severidade está relacionado principalmente com a precipitação. Os autores ainda citam que a temperatura pouco explicou os resultados de severidade, se comparada com a precipitação. Tsukahara, Hikishima e Canteri (2008) também verificaram relação entre condições de umidade, relacionando a duração do período de molhamento foliar com progresso da doença. Os autores conduziram ensaios nas regiões de Arapoti e Castro, estado do Paraná.

Já Minchio et al. (2016) citam que além das condições climáticas, a presença do fungo é imprescindível para que se ocorra a doença. No trabalho os autores concluíram que as ocorrências na entressafra influenciaram positivamente nas ocorrências na safra, ou seja, a presença do inóculo foi crucial para ocorrência da doença. Assim, pode-se dizer que a doença na área da primeira época de semeadura e a área de agricultura comercial ao redor da área experimental serviram de inóculo para a segunda época.

Os resultados do desdobramento intervalo de aplicação dentro da época, ou seja, foram testadas as diferenças entre os tratamentos com intervalos de aplicação distintos para cada época, mostraram que os diferentes intervalos de aplicação na primeira época não possuem diferença de produtividade. Já na segunda época os tratamentos com intervalos de 14, 18, 21 e 24 dias foram superiores ao tratamento com intervalo de 28 dias (Figura 3.3).

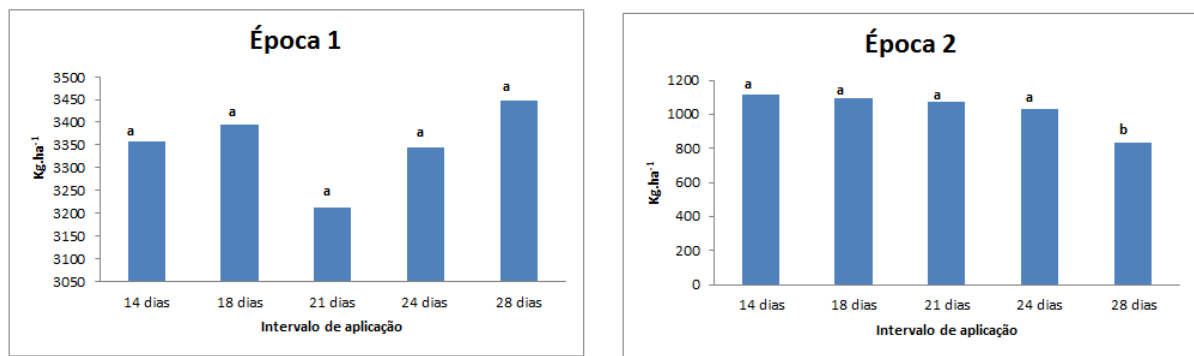


Figura 3.3- Intervalos de aplicação em duas épocas de semeadura (Outubro e Janeiro) para ensaios de controle de ferrugem asiática da soja e produtividade em ensaios na região de Ortigueira/PR - safra 2015/2016.

Os resultados obtidos na segunda época concordam com as informações de Reis, Reis e Carmona (2010) que citam que o fungicida (150 g.L⁻¹) + prothioconazol (175 g.L⁻¹) (FOX[®]) apresenta efeito residual de controle de 15 em média. Assim, a redução de produtividade observada no tratamento com intervalo de aplicação de 28 dias pode ter ocorrido pelo final do período de ação do produto, permitindo a evolução da doença e redução da produtividade.

Mesmo apresentando produtividade muito abaixo da média nacional, que na safra 2015/16 foi de 2870 Kg.ha⁻¹ (CONAB, 2016), os resultados para segunda época indicaram menores produtividades para intervalos maiores entre aplicações.

A interação tripla entre Época de semeadura * Início das aplicações * Intervalo, também apresentou resultado significativo segundo quadro de análise de variância do esquema fatorial com quatro fatores. Assim a interação foi analisada e os resultados apresentados na tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Análise de variância para Épocas de semeadura (Outubro e Janeiro), Início das aplicações (estádio R1 ou R3) e Intervalos de aplicação de fungicidas (14, 18, 21, 24 e 28 dias), para controle da ferrugem asiática da soja. Safra 2015/2016 – Ortigueira-PR.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F _{calc} ,	p.valor	
Bloco	3	2.294193e+05	3.277419e+04	0,71	0,65	
Início	1	1.591148e+05	1.591148e+05	3,47	0,06	
Intervalo	4	3.019998e+05	7.549996e+04	1,65	0,16	
Época * Início	1	4.256812e+03	4.256812e+03	0,09	0,76	
Época * Intervalo	4	1.013142e+06	2.532856e+05	5,53	4e-04	***
Início * Intervalo	4	2.970449e+05	7.426123e+04	1,62	0.1718	
Época * Início * Intervalo	4	7.993654e+05	1.998413e+05	4,36	0.0023	***
Resíduo	137	6.266595e+06	4.574157e+04			

GL = Graus de liberdade, SQ = Soma de quadrados dos tratamentos, QM= Quadrado médio, F_{calc}= Valor de F calculado, Pvalor= valor de probabilidade. *** significativa a 5%, pelo teste F.

Os resultados apresentaram que a interação dupla, época * intervalo de aplicações, e também a interação tripla, época * Início das aplicações * Intervalo de aplicações, foram significativas ($p < 0,05$). Assim, os fatores foram desdobrados.

A análise do desdobramento de intervalos de aplicação dentro início das aplicações e épocas de semeadura demonstraram que todos os tratamentos a produtividade foi superior para a primeira época, independente do início ou intervalo de aplicação. A Figura 3.4 apresenta a relação entre os tratamentos que iniciaram aplicação em R1 e R3 nos intervalos de 14,18, 21, 24 e 28 dias , comparando a produtividade da primeira e segunda época.

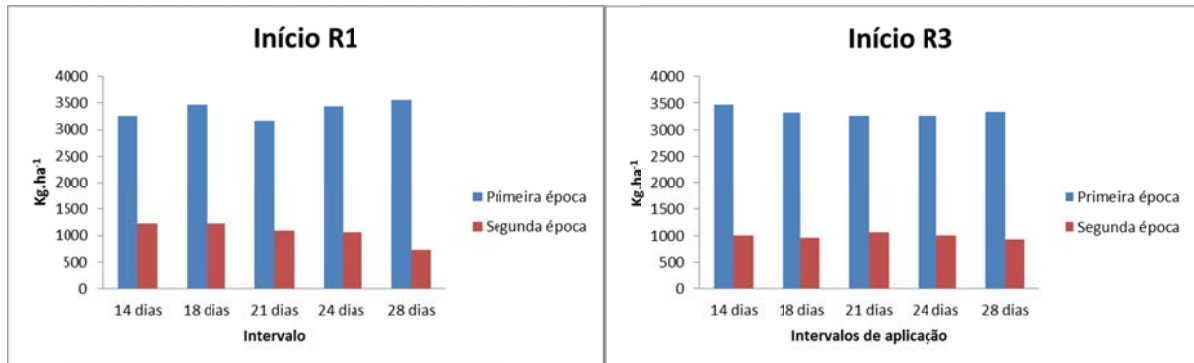


Figura 3.4 - Início e intervalo entre aplicações no controle de ferrugem asiática da soja e produtividade em ensaios conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Os resultados indicaram que quando foram utilizados os intervalos de 14, 18, 21 e 24 dias, nas condições do experimento, o início das aplicações em R1 ou R3 não influenciou a produtividade. O único tratamento que apresentou diferença para início em R1 ou R3 foi o intervalo de 28 dias. Os resultados apontaram que para primeira época de semeadura a produtividade para o tratamento iniciando as aplicações em R1 foi superior. A produtividade média foi de 3564 Kg.ha⁻¹ para tratamento iniciando em R1 e 3332 Kg.ha⁻¹ para o tratamento iniciando em R3 (Figura 3.5).

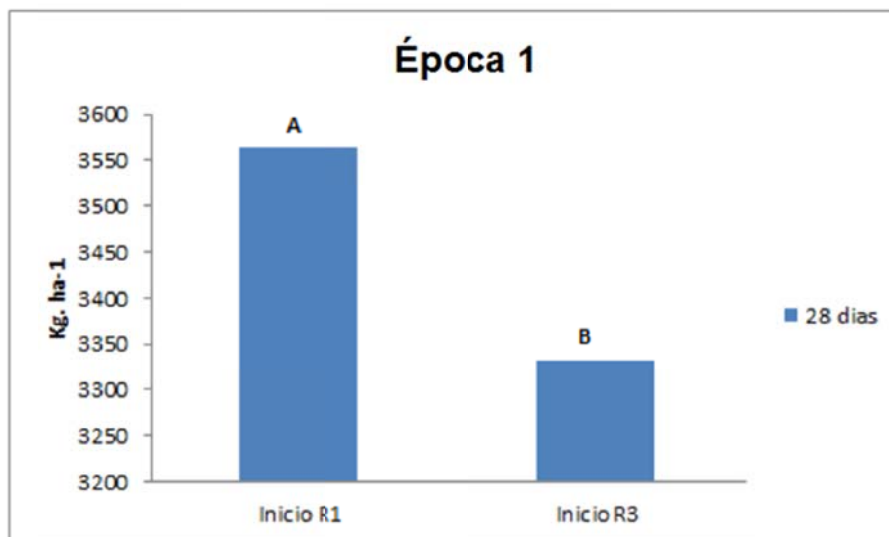


Figura 3.5 - Início de aplicações e intervalo de 28 dias no controle de ferrugem asiática da soja e produtividade em ensaios conduzidos em na primeira época semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Quando foram analisados o início das aplicações na segunda época de semeadura os tratamentos com intervalo de 14 e 18 dias apresentaram diferença para início das aplicações em R1 e R3. Os resultados apontam para produtividade com início das aplicações em R1 superior (Figura 3.6). Para os demais intervalos de aplicação na segunda época não houve diferença de produtividade.

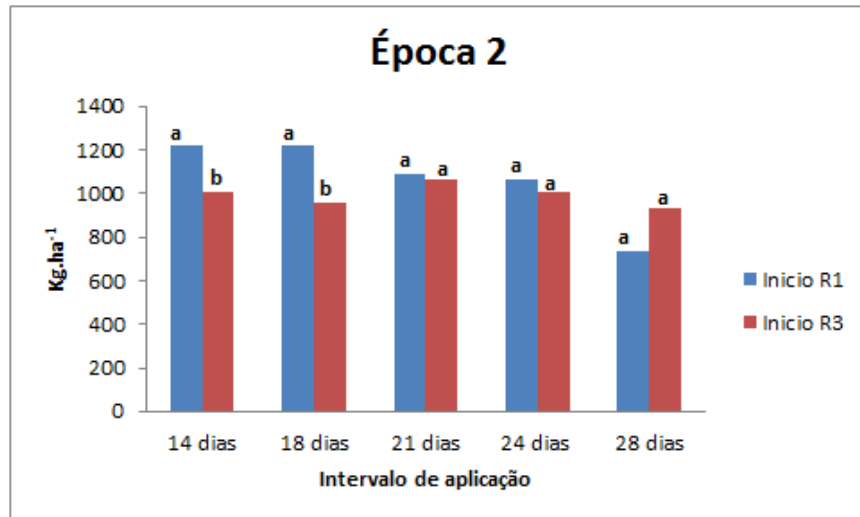


Figura 3.6 - Início e intervalo entre aplicações no controle de ferrugem asiática da soja e produtividade para segunda época de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Os tratamentos com intervalos maiores entre aplicações (21, 24 e 28 dias) para a segunda época não apresentaram diferença na produtividade para início das aplicações em R1 e R3. Os resultados pode ser causados pela alta pressão de inóculo, vista pela severidade em R1 de aproximadamente 7%. Assim, os tratamentos que apresentaram maior período para início das aplicações (R3) e tratamentos com maiores intervalos podem ter sofrido mais com a doença.

Os resultados de produtividade demonstraram que a aplicação de fungicidas no final do desenvolvimento da soja não apresentou efeito significativo na produtividade nas duas épocas de semeadura e nas condições do estudo. Hoffmann (2008) citam que a presença da doença no final do ciclo não afeta a produtividade, não justificando aplicação de fungicida no final do desenvolvimento da cultura.

Os dados do experimento ainda foram analisados quanto a AACPD. Os resultados da análise fatorial para AACPD, apresentaram significância ($p < 0,05$) para os fatores Época de semeadura, Início das aplicações, Intervalo de aplicações,

interação Época * Início das aplicações e interação Época * Intervalo de aplicação. Os demais fatores e interações não mostraram diferença significativa.

Nesse caso, a análise da AACPD apresentou fatores significativos diferentes dos apresentados para produtividade. As duas variáveis resposta (produtividade e AACPD) não apresentaram efeito significativo para a aplicação em R6, indicando que a aplicação adicional no final do período da cultura não influenciou na produtividade e nem na AACPD.

Esse resultado pode estar ligado as características da cultivar utilizada Don Mario 6458 Ipro. Segundo Sedyama (2013) certas cultivares, ao encerrar o enchimento de grãos (R5.5) e passar para maturação fisiológica (R6/R7), acelera o período até a colheita. O fato confere a característica de precoce ou super precoce para as cultivares. No presente trabalho, cerca de 18 dias após a aplicação em R6 a cultura já estava pronta para a colheita. Do ponto vista epidemiológico, o menor período da cultura viva no campo contribue para a redução do inóculo no campo e disseminação para áreas que estejam menos desenvolvidas.

Considerando a equação da área abaixo da curva da doença (AACPD) desenvolvida por Campbell e Madden (1990), se considerar severidade estável, quanto menos dias a cultura estiver no campo menor será a AACPD, já que, a severidade média entre a avaliação atual e avaliação anterior são multiplicadas pelo número de dias entre as avaliações.

Com isso, nas condições encontradas no experimento, pode-se atribuir ao período em que a cultura ficou no campo do estágio R6 até a colheita (18 dias) a razão de não haver diferenças na AACPD entre os tratamentos aplicados e não aplicados em R6. Novos estudos são necessários para explorar essas características em diversas cultivares de diferentes grupos de maturação.

Analisando os resultados para o desdobramento da interação Época * Intervalos de aplicação apresentaram que a AACPD foi superior na segunda época de semeadura. Isso é, todos os intervalos de aplicação da segunda época possuíram AACPD superior ao seu correspondente na primeira época de semeadura (Figura 3.7).

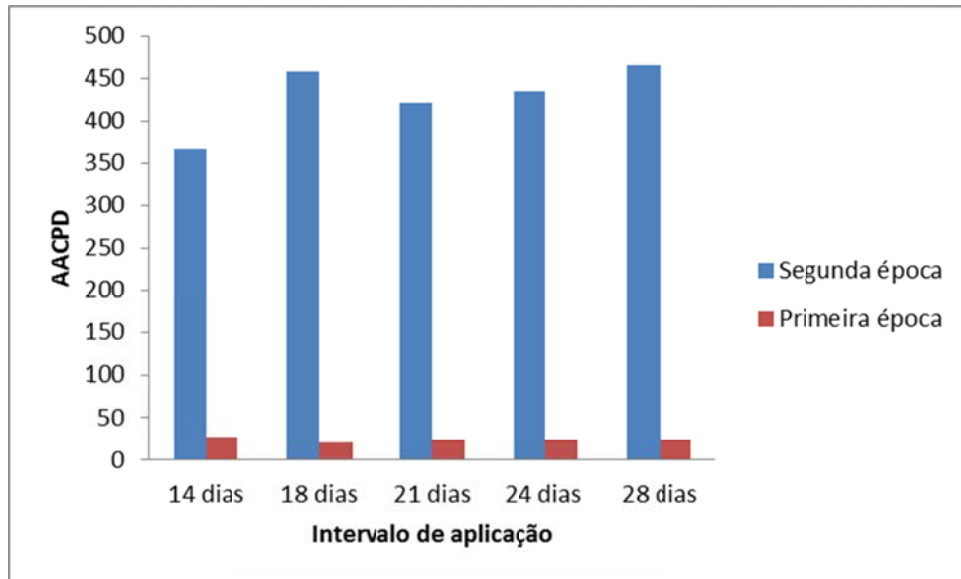


Figura 3.7 - Início e intervalo entre aplicações no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Analisando os intervalos de aplicação dentro da primeira época de semadura, os resultados não apresentaram efeito significativo para AACPD (Figura 3.8). Isto é, não houve diferença para AACPD entre os intervalos de aplicação.

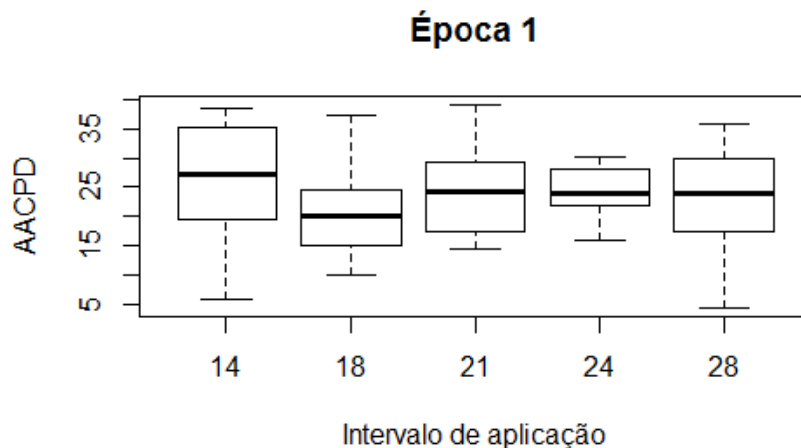


Figura 3.8 - Intervalo entre aplicações (14, 18, 21, 24 e 28 dias) no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos na primeira época na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Os resultados para intervalos de aplicação dentro da segunda época indicaram que somente o tratamento com intervalo de 14 dias apresentou AACPD

inferior aos demais tratamentos (Figura 3.9).

Os resultado pode estar associado ao período residual de controle dos produtos utilizados. Segundo Reis, Reis e Carmona (2010) o produto trifloxistrobina (150 g.L^{-1}) + protioconazol (175 g.L^{-1}) (FOX[®]), mesmo usado na primeira aplicação do experimento, possui em média residual de controle de 15 dias. Nas condições do estudo foi possível verificar que este período foi efetivo para o período de também 14 dias em relação a AACPD. Mesquini et al. (2011) trabalhando com relações de causa e efeito entre condições ambientais e severidade de ferrugem, concluíram que o número de dias entre a aplicação de fungicida e a severidade da doença tem relação direta. Os autores observaram que o aumento no número de dias para realizar o controle resultou em aumento na severidade da doença.

Lourenço Jr, Balan e Igarashi (2014) e Gardiano et al. (2010) citam que o intervalo de 14 dias entre a detecção de esporos e a aplicação de fungicidas apresentou a menor severidade de doença e maior produtividade. No presente estudo, o mesmo comportamento não foi visto em produtividade. Para essa variável os intervalos de aplicação não apresentaram diferença.

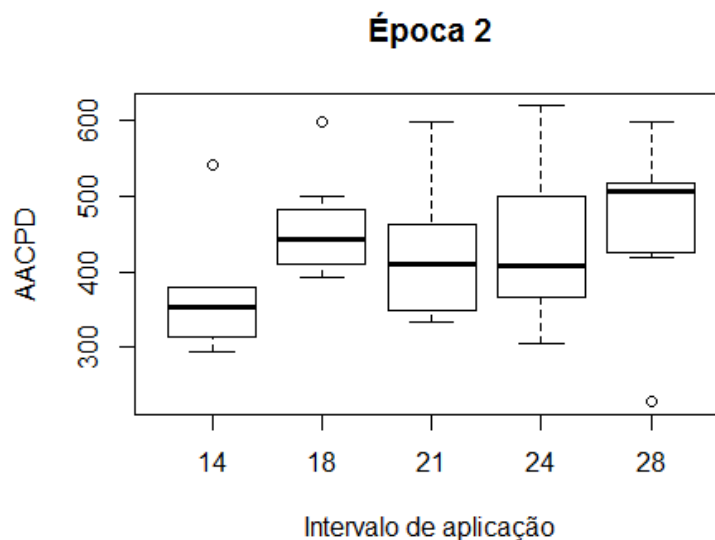


Figura 3.9 - Intervalo entre aplicações (14, 18, 21, 24 e 28 dias) no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos na segunda época na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Os resultados de AACPD apresentados para a segunda época não concordam com os resultados de produtividade. Nos resultados de produtividade o

tratamento com intervalo de aplicação de 28 dias apresentou produtividade inferior aos demais intervalos de aplicação para a segunda época de semeadura (Figura 3.2).

O fator início das aplicações apresentou diferença significativa para os tratamentos conduzidos na segunda época de semeadura (Figura 3.10). Os resultados apresentados apontam a AACPD superior para os tratamentos com início das aplicações em R3, com média de 394,6 para tratamentos iniciando aplicações em R1 e 464,3 pra aplicações iniciando em R3.

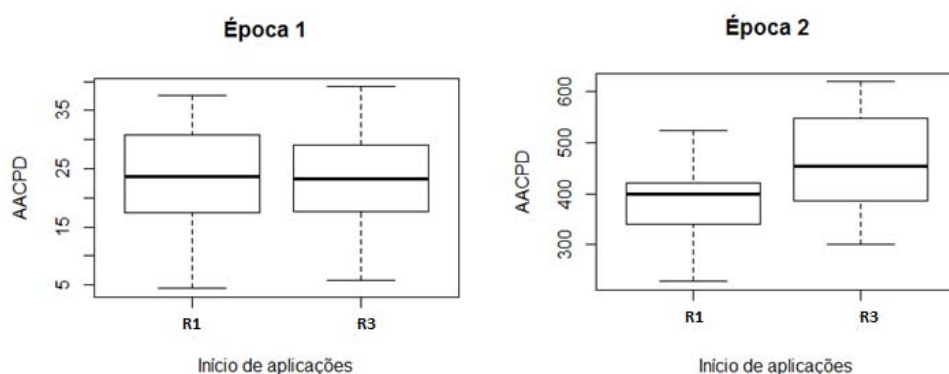


Figura 3.10 - Início das aplicações de fungicidas no controle de ferrugem asiática da soja e AACPD em ensaios conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira/PR safra 2015/16.

Nesse caso, para primeira época os tratamentos que iniciaram as aplicações em R3 foram realizadas de forma curativa, já que a doença foi observada antes dessas aplicações. Os resultados corcodam os resultados de Godoy e Canteri (2004) avaliando poder protetor, curativo e erradicante de fungicidas sistêmicos no controle de ferrugem asiática da soja, que concluíram que nenhum dos produtos testados apresentou efeito erradicante na doença, porém, reduziram a severidade. Os resultados não concordam com o estudo de Reis, Zanatta e Zanatta (2016) que avaliaram o efeito curativo e curativo e arradicante dos ingredientes clorotalonil, flutriafol, ciproconazol + trifloxistrobina, epoxiconazol + piraclostrobina, ciproconazol + azoxistrobina, ciproconazol + picoxistrobina aplicados quatro e oito dias após inoculação. Com excessão do clorotalonil, os autores concluem que todos os fungicidas testados apresentaram ação curativa e erradicante.

3.6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados de ensaios de controle de ferrugem asiática, conduzidos em duas épocas de semeadura na região de Ortigueira, Paraná, conclui-se que a aplicação adicional de fungicidas no estágio fenológico R6 da cultura da soja para controle de ferrugem asiática não alterou a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade. Aplicações iniciando em R1 resultaram em menor AACPD para semeadura em janeiro e Intervalos de 28 dias apresentaram maior AACPD e menor produtividade em relação aos demais para semeadura em outubro e janeiro.

REFERÊNCIAS

- ABAG. Associação Brasileira do Agronegócio. O futuro da soja nacional. Disponível em: <<http://www.abag.com.br/media/images/0-futuro-da-soja-nacional---ieag---abag.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2016.
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology** (5th Ed.). Amsterdam, Elsevier Academic Press. 2005.
- ALMEIDA, A.,R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J.F.V.; HENNING, A.A.; GODOY, C.V.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C. Doenças da Soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. Ed. São Paulo: Agonômica Ceres, v.2, p. 376-399. 2005.
- ALMEIDA, R.; FORCELINI, C.A.; GARCÉS, F.R. Controle de doenças em soja através de aplicações antecipadas de fungicidas. Novos fungicidas no controle da ferrugem na cultura da soja. In XLII Congresso Brasileiro de Fitopatologia (XLII Annual Meeting of the Brazilian Phytopathological Society), 2009, Rio de Janeiro. **Suplemento**. Ed. Brazilian Phytopathological Society, p. S79, 2009.
- ALVES, B.R.J.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v.252, p.1-9, 2003.
- ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIM FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Ferrugem Asiática da Soja**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p.37-59. 2006.
- ANDRADE, P.J.M.; ANDRADE, D.F.A.A. **Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira**. Dourados MS. Embrapa Agropecuária Oeste, Circular Técnica, 11. 2002.
- AZEVEDO, L.A.S. DE. **Proteção Integrada de Plantas com Fungicidas: teoria, prática e manejo**. São Paulo, 230pp. 2001.
- BALARDIN, R. S. **Manual de identificação das doenças da soja**. Santa Maria – RS, Universidade Federal de Santa Maria, p. 32-33; p. 42-43. 2002.
- BALARDIN, R. Armas contra a ferrugem. **Revista Cultivar**, Pelotas, RS, n. 55, Ano V. p.20-23, ago. 2003.
- BARNES, C. W.; SZABO, L. J.; BOWERSOX, V. C. Identifying and quantifying *Phakopsora pachyrhizi* spores in rain. **Phytopathology**, 99:328-338, 2009.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; REIS, M. S. AND CECON, P. R.. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Sci., Agron. [online]**, vol.30, n.2, pp.239-245. 2008.
- BONDE, M. R.; J. S. MELCHING; K. R. BROMFIELD. Histology of the susceptible-pathogen relationship between *Glycine max* and *Phakopsora pachyrhizi* the cause of soybean rust. **Phytopathology** 66:1290-1294. 1976.

BONDE, M. R.; S. E. NESTER; C. N. AUTIN; C. L. STONE; R. D. FREDERICK; G. L. HARTMAN; M. R. MILES. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. **Plant Disease** 90(6):708-716. 2006.

BROMFIELD, K.R.; HARTWIG, E.E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science** 20, 254-55. 1980.

CALAÇA, H. A. **Ferrugem asiática da soja: relações entre o atraso do controle químico, rendimento, severidade e área foliar sadia de soja (*Glycine max L. Merril*)**. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

CALVO, E.S.; KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A.; HARADA, A.; HIROMOTO, D.M. Two major recessive soybean genes conferring soybean rust resistance. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 4, p. 1350-1354, July 2008.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. John Willey, 1990.

CÁRCAMO RODRÍGUEZ, A., J.; AGUILAR-RÍOS; J. R. HERNÁNDEZ. First Report of Asian Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* from Mexico. **Plant Disease** 90(9):1260-1260. 2006.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.27,n.5, p. 295-341, 2008.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento): **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos da Safra 2015/2016** – Brasília, Janeiro, 2016.

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

DUFAULT, N. S., et al. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. **Plant Disease**, 94:1336-1340, 2010.

EMBRAPA, **Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2007**. (Embrapa Soja, Sistemas de Produção nº 5). Londrina, 2006.

EMBRAPA. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. **Londrina: Embrapa Soja**, (Documentos 319, ISSN 2176-2937), 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja** - Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: CNPSo, 261p, (Sistemas de Produção / CNPSo; n.15), 2011.

ENCINAS, O. Conservación de maderas. Trujillo (Venezuela): **GICOM – Grupo de Investigación em Conservación de Maderas**, 22p. 2004.

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

GALLOTI, G. J. M.; A. A. BALBINOT JR.; R. L. BACKES. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Ciências Agroveterinárias** 4(2): 87:93. 2006.

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

GARCIA, A.; CALVO, E.S.; KIIHL, R.A.D.; HARADA, A.; HIROMOTO, D.M.; VIEIRA, L.G.E. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. **Theor. Appl. Genet.** 117, 545-53. 2008.

GARDIANO, C.G.; BALAN, M.G.; FALKOSKI FILHO, J.; CAMARGO, L.C.M.D.; OLIVEIRA, G.M.D.; IGARASHI, W.T.; SUDO, L.T.; IGARASHI, S.; SAAB, O.J.G.A.; CANTERI, M.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v.77, p.497-504, 2010.

GILL, U.S.; LEE, S.; MYSORE, K.S. Host versus nonhost resistance: Distinct wars with similar arsenals. **Phytopathology** 105, 580-87. 2015.

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo, e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, DF, v.29, n.1, p.97-101, 2004.

GODOY, C.V. et al. Histórico do vazio sanitário como medida de manejo da ferrugem asiática da soja. **Embrapa Soja**, CP 231, Londrina, Paraná. 2006.

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.; HENNING, A.A. Tratamento de semente e aplicação foliar de fungicidas para o controle da ferrugem-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.10, p.1297-1302, 2008.

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

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; CASSETARI NETO, D.; JACCOUD FILHO, D. S.; BORGES, E. P.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FEKSA, H. R.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P. da; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; MADALOSSO, M.; GOUSSAIN, M.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. H.; MONTECELLI, T. D. N.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. **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, (Embrapa Soja. Circular Técnica, 111), 2015.

GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M.; MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; FORCELINI, C.A.; PIMENTA, C.B.; CASSETARI NETO, D.; JACCOUD FILHO, D.S.; BORGES, E.P.; ANDRADE JUNIOR, E.R. de; SIQUERI, F.V.; JULIATTI, F.C.; FEKSA, H.R.; GRIGOLLI, J.F.J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L.C.; SILVA, L.H.C.P. da; SATO, L.N.; CANTERI, M.G.; MADALOSSO, M.; GOUSSAIN, M.; MARTINS, M.C.; BALARDIN, R.S.; FURLAN, S.H.; MONTECELLI, T.D.N.; CARLIN, V.J.; VENANCIO, W.S. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina. (Embrapa Soja. Circular Técnica 119). 6p. 2016.

GOMES, P. **A soja**. 5.ed.São Paulo: Nobel, 152p. 1990.

GUICHERIT E., BARTLETT D., DALE S. M., HAAS H. U., SCALLIET G., WALTER H., ET AL. **“Solatenol-the second generation benzonorbornene SDHI carboxamide with outstanding performance against key crop diseases,” in Modern Fungicides and Antifungal Compounds VII** eds Dehne H. W., Deising H. B., Fraaije B., Gisi U., Hermann D., Mehl A., et al., editors. (Braunschweig: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft e.V. Selbstverlag;) 67–72. 2014.

GUYOT, J.; OMANDA, E.N.; PINARD, F. Some epidemiological investigations on Colletotrichum leaf disease on rubber tree. **Crop Protection**, Oxford, v.24, n.1, p.65-77, 2005.

HARTMAN, G. L.; J. B. SINCLAIR; J. C. RUPE. **Compendium of Soybean Diseases** (4ta Ed.). APS Press, Minnesota. 1999.

HARTMAN, G.L.; BONDE, M.R.; MILES, M.M.; FREDERICK, R.D. Variation of *Phakopsora pachyrhizi* isolates on soybean. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7, 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings**. Londrina: EMBRAPA Soja, p. 440-446. 2004.

HARTMAN, G.L. et al. Breeding for resistance to soybean rust. **Plant Disease**, v.89, p.664-666, 2005.

HARTMAN, G. L.; J. S. HAUDENSHIELD. Movement of *Phakopsora pachyrhizi* (soybean rust) spores by non-conventional means. **European Journal Plant Pathology** 123: 225–228. 2009.

HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the World 2. Soybean-worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food security**. Mar., v. 3, n. 1, p. 5-17. 2011.

HARTWIG, E.E.; BROMFIELD, K.R. Relationship among three genes conferring specific resistance to rust in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 2, p. 237-239, Mar. 1983.

HARTWIG, E.E. 1986. Identification of a fourth major genes conferring to rust in soybeans. **Crop Science** 26, 1135-36. 1986.

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

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar na cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HENNINGS, V. P. [A few new Japanese Uredinaceae]. **Hedwigia** 42: S107-108. 1903.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A.J.; XAVIER, S.A.; CANTERI, M.G.. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa phytopathol.** [online]. vol.36, n.3 [cited 2012-04-07], pp. 248-250. 2010.

HOFFMANN, L.L. A incidência de fungos associados com doenças de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, Cascavel, n.24. 290 p. 2003.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 02 set. 2015.

JULIATTI, F. C. Perdas causadas por doenças na cultura da soja, com ênfase na ferrugem asiática. In: **I Workshop De Epidemiologia De Doencas De Plantas**. Viçosa, MG, p.81-94. 2004.

KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**, 4., Buenos Aires, 1989. Proceedings. Buenos Aires: **World Soybean Research Conference**, P.994-1000. 1989.

KOCH, E.; F. EBRAHIN-NESBAT; H. H. HOPPE. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in susceptible soybean leaves. **Journal of Phytopathology** 106: 302-320. 1983.

KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Australian Journal of Agricultural Research** 30: 273-277. 1979.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, p. 46, (Embrapa Soja. Documentos, 319), 2010.

LOURENÇO JR, V.L.; BALAN, M.G.; IGARASHI, S. Aplicação de fungicidas na soja baseada na detecção de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi*. **Arquivos Instituto Biológico**. São Paulo, v.81, n.2, p. 159-164, 2014

MARCHETTI, M. A.; J. S. MELCHING; K. R. BROMFIELD. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology** 66: 461-463. 1976.

McLEAN, R.J.; BYTH, D.E. 1980. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal Agriculture Research** 31, 951-56.

MELCHING, J. S.; W. M. DOWLER; D. L. KOOGLE; M. H. ROYER. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease** 73:117-122. 1989.

MESQUINI, R.M.; VIEIRA, R.A.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; GODOY, C.V. Relações de causa e efeito entre condições ambientais, urediniósporos e severidade de ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 552-557. 2011.

MILES, M.R.; HARTMAN, G.L.; LEVY, C.; MOREL, W. Current status of soybean rust control by fungicides. **Pesticide Outlook**, v.14, p.197-200, 2003.

MINCHIO, C.A.; CANTERI, M.G.; FANTIN, L.H.; AGUIAR e SILVA, M.A. Epidemias de ferrugem asiática no Rio Grande do Sul explicadas pelo fenômeno ENOS e pela incidência da doença na entressafra. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.4, p.321-326, 2016.

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

MUELLER, T. A.; MILES, M. R.; MOREL, W.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L.; KEMERAIT, R. C.; LEVY, C.; HARTMAN, G. L. Effect of fungicide and timing of application on soybean rust severity and yield. **Plant Disease**, Saint Paul, n. 93, p. 243-248, 2009.

NICOLINI, F.; E. M. REIS, S. M. ZOLDAN; A. L. D. DANELLI; M. ZANATTA; A. AVOZANI; R. B. TONIN; E F. R. GARCÉS. Efeito de temperaturas na germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*. **Tropical Plant Pathology** 35 (Suplemento): S143 (Resumo). 2010a.

NICOLINI, F.; E. M. REIS; S. M. ZOLDAN; A. L. D. DANELLI; M. ZANATTA; A. AVOZANI; R. B. TONIN; E F. R. GARCÉS, Efeito da radiação solar na germinação de uredosporos da ferrugem da soja. **Tropical Plant Pathology** 35 (Suplemento): S143 (Resumo). 2010b.

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

NAVARRO, J.C.; NAKASATO, R.; UTIAMADA, C.M.; YORINORI, J.T. **First report f Asian soybean rust in Bolivia**. Proceedings VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Brasileiro de Soja (Brazilian Soybean Congress), Foz do Iguaçu, PR. pp. 85- 86. 2004.

- OLIVEIRA, S.H.F. Época de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29 Supl. p.295, 2004.
- OLIVEIRA, A.C.B. et al. Avaliação da tolerância de cultivares de soja à ferrugem-asiática no Oeste da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.658-662, 2005.
- ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J.F.. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella*, and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycological Research**, v.96, p.825-850, 1992.
- PIEROZZI, P. H. B., RIBEIRO, A. S., MOREIRA, J. U. V., LAPERUTA, L. D. C., RACHID, B. F., LIMA, W. F., ET AL. New soybean (*Glycine max* Fabales, Fabaceae) sources of qualitative genetic resistance to Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinales, Phakopsoraceae). **Genet. Mol. Biol.** 31, 505–511. 2008.
- PRETORIUS, Z. A., F. J. KLOPPERS, AND R. D. FREDERICK. First report of soybean rust in South Africa. **Plant Disease** 85(12):1288. 2001.
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL. <https://www.R-project.org/>
- RAMOS, J. P., L. S. DOMINGUES, D. DEBONA, D. D. FAVENA, A. MANFIO, G. LENZ, E R. S. BALARDIN. Arranjo populacional no manejo da ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology** 34 (Suplemento). 2009.
- REIS, E. M.; E A. C. R. BRESOLIN. Ferrugem da soja: revisão e aspectos técnicos. Em: Reis, E. M. (Ed.). **Doenças na Cultura da Soja**. Aldeia Norte, Passo Fundo. p. 55-70. 2004.
- REIS, E. M.; A. C. R. BRESOLIN; M. CARMONA.. **Doenças da soja I: Ferrugem asiática**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2006.
- REIS, E.F.; LIMA NETO, V. C.; GODOY, C.V.; ROSA, C.T.; CASTANHO, H.E.; VICENTE, N.G. Controle químico da ferrugem-asiática-da-soja na região Sul do Paraná. **Scientia Agrária**, v.8, p.319-323, 2007.
- REIS, E.M.; REIS, A.C.; CARMONA, M.A. **Manual de Fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 6 ed. Passo Fundo, Ed. Universidade de Passo Fundo, 2010. 226 p.
- REIS, E. M.; ZANATTA, T.; ZANATTA, M. Curative and eradicator action of fungicides to control *Phakopsora pachyrhizi* in soybean plants. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.4, p.1-6, 2016.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL (34:2006:Pelotas,RS). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2006/2007**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 240 p. 2006.

RODRIGUES, M. A. T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu, 291 p. 2006.

ROSSI, R. L. First report of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal organism of Soybean Rust in the province of Misiones, Argentina. **Plant Disease** 87:102. 2003.

RUPE, J. AND L. SCONYERS. 2008. Ferrugem asiática da soja, Ferrugem da soja. Portuguese translation by Rubens Cherubini Alves and Emerson M. Del Ponte, **The Plant HealthInstructor**. 2008.

SCHMITZ, H.K.; MEDEIROS, A.C.; CRAIG, I.R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-oxidoreductase inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v.7, p.378-88, 2014.

SCHNEIDER, R. W.; C. A. HOLLIER; H. K. WHITAM. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. **Plant Disease** 89:774. 2005.

SIEROTZKI, H., FREY, R., WULLSCHLEGER, J., PALERMO, S., KARLIN, S., GODWIN, J., ET AL. Cytochrome b gene sequence and structure of *Pyrenophora teres* and *P. tritici-repentis* and implications for Qol resistance. **Pest Manag. Sci.** 63, 225–233. 2007.

SIEROTZKI, H., AND SCALLIET, G. (2013). A review of current knowledge of resistance aspects for the next-generation succinate dehydrogenase inhibitor fungicides. **Phytopathology** 103, 880–887. 2013.

SILVA JUNIOR, Jorge da et al. Efeito de fungicidas sistêmico e protetores aplicados em diferentes estádios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciênc. agrotec. [online]**. vol.33, n.3, pp.705-712. 2009.

SINCLAIR, J. B.; AND P. A. BACKMAN. Compendium of Soybean Diseases (3th Ed.). **American Phytopathological Society**, St. Paul. 1993.

SOARES, R.M; AKAMATSU, H.; YAMANAKA, N.; KAZUHIRO, S.; YAMAOKA, Y.; IVANCOVICH, A.; MOREL, W.; JANEGITZ, T. Variabilidade patogênica do fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Parte I – Projeto Ferrugem da Soja JIRCAS/Embrapa Soja/CRIA/INTA/Tsukuba University. In: REUNIÃO DO CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 1, 2009, Londrina. **Resumos**. Londrina: Embrapa Soja, p. 93-101, 2009.

STEWART, S.; E. A. GUILLIN; L. DÍAZ. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Uruguay. **Plant Disease** 89(8):909. 2005.

SHUXIAN, L.I. Identification of New Sources of Resistance to Soybean Rust. In: Gisi, U., L. L. Chet, and M. L. Gullino. (Eds.) **Recent Developments in Management of Plant Diseases**. Springer, Netherlands. p. 357-373, 2010.

VINCELLI, P. QoI (Strobilurin) Fungicides: benefits and risks. **The Plant Health Instructor**. 2002

TOMLIN, C.D.S. The pesticide manual: a world compendium. 12 ed. Surrey, United Kingdom: **British Crop Protection Council**. 1 CD-ROM. 2002.

TSUKAHARA, R.Y; HIKISHIMA, M; CANTERI, M.G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 47-52, 2008

VITTI, A.J.; PAIVA, S.B.; CASTRRO, R.M.; VEIGA, J.S.; GARCIA, L. Efeito residual e curativo de fungicidas para o controle de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, (Resumo) v.29, Supl. p.290, 2004.

URBEN, A.F.; MENDES, M.A.S. Ocorrência de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow em Soja Procedente da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p.233, ago. 2003.

UTIAMADA, C.A. Doenças da cultura da soja. **Correio Agrícola**, São Paulo, SP, n.02, p.04-05, dez. 2003.

YORINORI, J. T.; P. W. MOREL; R. D. FREDERICK; L. M. COSTAMILIAN; P. F. BERTAGNOLLI. Epidemia de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, em 2001 e 2002. **Fitopatologia Brasileira** 27 (Suplemento): S178 (Resumo). 2002a.

YORINORI, J. T.; W. M. PAIVA; R. D. FREDERICK; P. F. T. FERNANDEZ. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2001/01 e 2001/02. **Anais Congresso Brasileiro de Soja 2002:94** (Resumo). 2002b.

YORINORI, J.T. Soja: Ferrugem asiática; doença recente e preocupante. **Correio Agrícola**, São Paulo, SP, n 01, p.16-21, jan/jun. 2003.

YORINORI, J. T. Ferrugem da soja: ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. Em: Reis, E. M. (Ed.). **Doenças na Cultura da Soja**. Aldeia Norte, Passo Fundo. p. 77-84. 2004.

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

YORINORI, J. T. Soja: ferrugem asiática avança e exige cuidados mais intensos. **Correio**, São Paulo, n. 1,p. 3-6, 2007.

ZAMBENEDETTI, E. B. **Preservação de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow e aspectos epidemiológicos e ultra-estruturais da sua interação com a soja**

(*Glycine max* (L.) Merrill). Dissertação de Mestrado em Agronomia/Fitopatologia. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2005.

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

ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado da Ferrugem Asiática da Soja. Em: Zambolim, L. (Org.). **Ferrugem Asiática da Soja**. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco. p. 73-98. 2006.

ZAMBOLIM, L.; W. S. VENÂNCIO; S. H. FURLAN DE OLIVEIRA. **Manejo de Resistência de Fungos a Fungicidas**. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco. 2007.