

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E
SUAS RELAÇÕES COM A PLANTA, MANEJO E
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**

LAÉRCIO LUIZ HOFFMANN

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, setembro de 2016.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E
SUAS RELAÇÕES COM A PLANTA, MANEJO E
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

LAÉRCIO LUIZ HOFFMANN

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos A. Forcelini

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, setembro de 2016.

CIP

– Catalogação na Publicação

H699c Hoffmann, Laércio Luiz

Controle da ferrugem asiática da soja e suas relações com a planta, manejo e tecnologia de aplicação / Laércio Luiz Hoffmann. – 2016.

176 f. : il. color. ; 25 cm.

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos A. Forcelini.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2016.

1. Plantas - Efeito dos fungicidas. 2. Soja - Doenças e pragas. 3. Ferrugem asiática. I. Boller, Walter, orientador. II. Forcelini, Carlos A., coorientador. III. Título.

Cat

alogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues – CRB 10/1569



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

**"CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E SUAS RELAÇÕES COM A PLANTA, MANEJO E
TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO"**

Elaborada por

Laércio Luiz Hoffmann

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
"Doutor em Agronomia – Área de Produção Vegetal"

Aprovada em: 12/09/2016
Pela Comissão Examinadora

Dr. Walfre Bolfer
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dra. Carolina Cardoso Deuner
FAMV/UPF

Dr. Carlos Alberto Forcelini
FAMV/UPF

Dra. Eunice Oliveira Calvete
Coordenadora PPGAgro

Dr. Mauro Antonio Rizzardi
FAMV/UPF

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

Dr. Ulisses Rocha Antunias
FCA/UNESP

“Sorte é uma combinação de preparação com oportunidade.”

BIOGRAFIA DO AUTOR

Laércio Luiz Hoffmann nasceu em Erebango, RS, no dia 12/11/1972. Filho de Luiz e Rosa Hoffmann é o mais velho dos quatro filhos. Trabalhou na propriedade agrícola da família com as culturas de soja, milho e trigo, além da criação de animais. Casado com Vanice Zart Hoffmann, tem duas filhas gêmeas, Larissa e Luana. Ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Sertão em 1989, para cursar o segundo grau como Técnico Agrícola. Em 1993, iniciou a Graduação em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo, finalizando em 1998. Trabalhou na área de produção de sementes e grãos, aviação agrícola e desenvolvimento de mercado. Concluiu o Mestrado em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo em 2002. Trabalhou entre 2001 e 2003 na Coodetec em Cascavel, PR, na pesquisa em Fitopatologia na caracterização de cultivares de soja e trigo e híbridos de milho as principais doenças fúngicas e nematoides. Atuou na área de desenvolvimento Técnico pela Syngenta em Mato Grosso, entre 2003 e 2011, com foco principal no desenvolvimento de tecnologias, produtos e sementes para soja, algodão e milho safrinha. Atualmente, atua no Rio Grande do Sul como coordenador de desenvolvimento técnico Syngenta Proteção de Cultivos. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitossanidade, atuando principalmente nos seguintes temas: fungicidas, herbicidas, inseticidas e biotecnologia e na área de grãos de soja e milho. O trabalho é direcionado para pesquisas de campo, treinamentos técnicos e relações com instituições de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar a vida e saúde.

À esposa Vanice e minhas filhas Larissa e Luana, pelo amor, paciência, entendimento, apoio e compreensão.

Aos meus pais Luiz e Rosa, pelo exemplo de vida. Aos meus irmãos Lairto, Lesandro e Lucas (*in memoriam*), pelo suporte e ajuda nos trabalhos.

Aos orientadores Dr. Walter Boller e Dr. Carlos Alberto Forcelini, pela visão crítica, conhecimento, apoio, paciência, compreensão e, sobretudo, pela amizade e companheirismo.

Ao professor Mauro Rizzardi pela ajuda e sugestões no trabalho.

A todos os professores e funcionários do PPGAgro, pela dedicação.

Ao colega Alberi Jardim e aos estagiários Ivan Tedesco, Fabiane Fontana, Maurício Pieta, João Alexandre, Felipe Costa, Iloi Orso, Rodrigo Feron, André Bedin e demais, pelo comprometimento e preciosa ajuda nos experimentos.

À Syngenta, pelo apoio em tempo e recursos financeiros para os experimentos, em especial ao Application Technology Team da Syngenta na Suíça (Felipe Contador, Stefan Wolf, Anne Silva e Ronald Wohlhauser), pelas valiosas contribuições e apoio aos experimentos.

Aos colegas de trabalho da Syngenta Milto Facco, Nestor Silva, Roberto Castro, Leandro Martinho, Adilson Jauer, Lucas Navarini, Emanuel Fontana, Mateus Remor e demais, que me suportaram nas atividades.

Aos colegas de pós-graduação, pela convivência, em especial ao colega Leandro Costa, pelo companheirismo e trabalho.

Aos colegas Alex Inocente e Luciano Remor pelo empréstimo das semeadoras de espaçamento reduzido.

Ao professor Dr. Erlei Melo Reis, pelo apoio, incentivo e discussões as quais proporcionaram objetos de estudo.

Ao Dr.Robert Heinkel pela troca de ideias e apoio no trabalho.

A Roseli Santos da Costa e a professora Debora Facin, pela correção de português e formatação.

A Jacto pela doação do pulverizador Falcon Vortex a FAMV.

A todos que contribuíram para que este trabalho fosse realizado, com sugestões, críticas, recursos e ajuda.

À Capes e UPF, pelo auxílio financeiro.

Ao PPGAgro da FAMV/UPF, pela oportunidade.

Aos sojicultores do Brasil, por desafiar cada vez mais a pesquisa na busca de soluções inovadoras.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Estratégias de controle da FAS.....	33
2.1.1 Controle cultural.....	34
2.1.2 Vazio sanitário da soja e calendarização de semeadura.....	35
2.1.3 Escape.....	36
2.1.4 Resistência genética.....	36
2.1.5 Fungicidas.....	38
2.1.6 Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja.....	40
2.1.7 Adjuvantes.....	45
 CAPÍTULO I - COMPONENTES DO RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA ÁREA FOLIAR NA SOJA CAUSADA PELA FERRUGEM ASIÁTICA	53
RESUMO	53
ABSTRACT	54
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	57
3 RESULTADOS.....	64
4 DISCUSSÃO.....	70
5 CONCLUSÕES	78

CAPÍTULO II - CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM CULTIVAR DE SOJA RESISTENTE E SUSCETÍVEL, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS.....	Página 79
RESUMO	79
ABSTRACT	80
1 INTRODUÇÃO	81
2 MATERIAL E MÉTODOS	84
3 RESULTADOS.....	95
4 DISCUSSÃO.....	110
5 CONCLUSÕES	115
 CAPÍTULO III - AÇÃO DE ADJUVANTES NO DESEMPENHO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA	 116
RESUMO	116
ABSTRACT	117
1 INTRODUÇÃO	118
2 MATERIAL E MÉTODOS	121
3 RESULTADOS.....	129
4 DISCUSSÃO.....	135
5 CONCLUSÕES	143
CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
REFERÊNCIAS	145
APÊNDICES.....	168

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
CAPÍTULO I - Componentes do rendimento e rendimento de grãos em função da duração da área foliar na soja causada pela ferrugem asiática.	
1	Programas de aplicações de fungicidas (P), épocas das aplicações, produtos e doses. Passo Fundo, 2016..... 60
2	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR) (\pm desvio padrão), controle, duração da área foliar (DAF) e duração da área foliar sadia (DAFS) da cultivar de soja Syn 13561 IPRO entre o estágio R2 e R7 para diferentes programas de aplicação de fungicidas (P) na safra 14/15. Passo Fundo, 2016..... 65
3	Legumes por planta (\pm desvio padrão), grãos por legume, grãos por planta, massa de mil grãos do cultivar de soja Syn 13561 IPRO para diferentes programas de aplicação de fungicidas (P) na safra 14/15. Passo Fundo, 2015..... 66
4	Rendimento de grãos (\pm desvio padrão), teor de proteína bruta e teor de óleo em grãos da cultivar de soja Syn 13561 IPRO na safra 14/15 em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas. Passo Fundo, 2015..... 70

CAPÍTULO II - CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM CULTIVAR DE SOJA RESISTENTE E SUSCETÍVEL, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS		Página
		89
1	Sistemas empregados para as aplicações, ponta, volume, velocidade pressão. Passo Fundo, 2016.....	89
2	Descrição dos tratamentos comparados na safra 2014/2015 em soja cultivar Syn 13671 IPRO. Passo Fundo, 2016.....	92
3	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR), controle, severidade no estágio R6 e desfolha no estágio R7 em função de diferentes sistemas de pulverização de fungicidas e espaçamentos entrelinhas em soja cultivar Syn 1363 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016.....	96
4	Rendimento de grãos, diferença percentual <i>versus</i> a testemunha e massa de mil grãos em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016...	97
5	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR), controle, severidade no estágio R6 e desfolha no estágio R7 em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1365 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016.....	98
6	Rendimento de grãos, diferença percentual <i>versus</i> a testemunha e massa de mil grãos em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn	

	1365 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016.....	99
7	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR), severidade no estádio R6 e desfolha no estádio R7 em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas na cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016.....	101
8	Rendimento de grãos, diferença percentual <i>versus</i> a testemunha e massa de mil grãos em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016.....	102
9	Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (ACPFASR), severidade no estádio R6 e desfolha no estádio R7 em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1365 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016.....	103
10	Rendimento de grãos, diferença percentual <i>versus</i> a testemunha e massa de mil grãos da cultivar de soja Syn 1365 RR em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016.....	104
11	Área abaixo da curva de progresso da FAS relativa (AACPFASR), na metade superior e na metade inferior do dossel, severidade de FAS no estádio R6 e desfolha no estádio R7 na cultivar de soja Syn 13671 IPRO em função de diferentes fracionamentos de aplicação de fungicidas na safra 14/15. Passo Fundo, 2016.....	106
12	Rendimento de grãos e massa de mil grãos da cultivar de soja Syn 13671 IPRO em função de diferentes sistemas de aplicação de fungicidas na	

safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016..... 107

**CAPÍTULO III - AÇÃO DE ADJUVANTES
NO DESEMPENHO DE FUNGICIDAS PARA
CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA**

1	Adjuvantes, composição, concentração e doses usadas. Passo Fundo, 2016.....	125
2	Esquema e aplicações em laboratório com câmara de pulverização "track spray" Passo Fundo, 2016.....	127
3	Severidade e controle da FAS no estádio R6, desfolha no estádio R7, rendimento de grãos e massa de mil grãos em função de diferentes adjuvantes adicionados à calda do fungicida azoxistrobina e benzonvindiflupir em soja, cultivar Syn 1363 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016.....	130
4	Severidade, controle da FAS no estádio R6, desfolha no estádio R7, rendimento de grãos e massa de mil grãos em função de diferentes adjuvantes adicionados ao fungicida azoxistrobina e benzovindiflupir no cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016.....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ciclo da ferrugem da soja. Fonte: Danelli, 2012.	27

**CAPÍTULO I - COMPONENTES DO
RENDIMENTO E RENDIMENTO DE
GRÃOS EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA
ÁREA FOLIAR NA SOJA CAUSADA PELA
FERRUGEM ASIÁTICA**

1	Figura 1- Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, na safra 2014/2015. Fonte: Embrapa Trigo (2016).....	58
2	Índice de área foliar (IAF) e índice de área foliar sadio (IAFS) após o estágio R2 em diferentes programas de controle com fungicidas em soja cultivar Syn 13561 IPRO, na safra 2014/2015. P1: controle negativo (testemunha absoluta); P2 controle positivo; P3 programa padrão de campo, P8: programa sem as duas primeiras aplicações (V7 e R2). Passo Fundo, 2016.....	67
3	Acúmulo de matéria seca de grãos por planta (g) em função de diferentes programas de controle com fungicidas na cultivar Syn 13561 IPRO safra 2014/2015. Curvas ajustadas por regressão não linear modelo logístico. P1: controle negativo (testemunha absoluta); P2 controle positivo; P3 programa padrão de campo, P8: programa sem as duas primeiras aplicações (V e R2). Passo Fundo, 2016.....	68
4	Relação entre DAF, DAFS entre R2 e R7 e rendimento de grãos estimado na cultivar Syn 13561 IPRO. Passo Fundo, 2016.....	69

Figura

**CAPÍTULO II - CONTROLE QUÍMICO DA
FERRUGEM ASIÁTICA EM CULTIVAR DE
SOJA RESISTENTE E SUSCETÍVEL, SOB
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS
ENTRELINHAS E SISTEMAS DE
APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS**

1	Precipitação pluvial (barras) (mm) e temperatura média (linha) (°C) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, na safra 2013/2014. Fonte Embrapa Trigo, 2016.....	85
2	Precipitação pluvial (barras) (mm) e temperatura média (linha) (°C) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, na safra 2014/2015. Fonte Embrapa Trigo, 2016.....	86
3	Depósitos normalizados (ng/cm^2)/(g.ha^{-1}) com diferentes sistemas de pulverização em diferentes posições da planta (S: superior; mediana; I: inferior) da soja cultivar BMX Ativa RR na safra 2015/2016. Passo Fundo, 2016.....	108
4	Cobertura (%) em diferentes faces das folhas, com diferentes sistemas de pulverização em diferentes posições da planta (S: superior; mediana; I: inferior) da soja cultivar BMX Ativa RR na safra 2015/2016. Passo Fundo, 2016.....	109

**CAPÍTULO III - AÇÃO DE ADJUVANTES
NO DESEMPENHO DE FUNGICIDAS PARA
CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA**

Figura

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | Precipitação pluvial (barras) (mm) e temperatura média (linha) (°C) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, na safra 2013/2014. Fonte: Embrapa Trigo, 2016..... | 122 |
| 2 | Precipitação pluvial (barras) (mm) e temperatura média (linha) (°C) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, na safra 2014/2015. Fonte: Embrapa Trigo, 2016..... | 122 |
| 3 | Câmara de pulverização “track spray” (1) e disposição de folhas, papel filtro e papel sensível (2 e 3). Passo Fundo, 2016..... | 128 |
| 4 | Visual da adição de adjuvantes ao fungicida Azoxistrobina + benzovindiflupir no estádio R6/R7 no cultivar Syn 1363 na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016..... | 129 |
| 5 | Cobertura foliar (%) média (▪), mediana (-), média ± 1 desvio padrão e outliers (◦) obtida por diferentes adjuvantes em combinação com o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (30+60 g i.a. ha ⁻¹) com diferentes tamanhos de gota (fina e média) e volume de calda de 32 L ha ⁻¹ . Passo Fundo, 2016..... | 132 |
| 6 | Cobertura foliar (%) média (▪), mediana (-), média ± 1 desvio padrão, intervalo de confiança (95%) ⊥ ⊥ e outliers (◦) obtida por diferentes adjuvantes em combinação com o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (30+60 g i.a. ha ⁻¹) com diferentes tamanhos de gota (fina e média) e volume de calda de 64L.ha ⁻¹ . Passo Fundo, 2016..... | 133 |
| 7 | Cobertura foliar (%) média (▪), mediana (-), média ± 1 desvio padrão, intervalo de confiança (95%) ⊥ ⊥ e outliers (◦) obtida por diferentes adjuvantes em combinação com o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (30+60 g i.a. ha ⁻¹). Gota fina e volume de 32L.ha ⁻¹ , (vermelho); gota média e volume de 32L.ha ⁻¹ (verde); gota fina e volume de | |

	64L.ha ⁻¹ , (amarelo); gota média e volume de 64L.ha ⁻¹ (azul). Adjuvante 2: só fungicida + água; 3: OMP (óleo mineral 42,8% - 0,6L.ha ⁻¹); 4: OMP (óleo mineral 42,8% - 0,3L.ha ⁻¹); 5: OMP (óleo mineral 42,8% - 0,3L.ha ⁻¹) + organo siliconado 100% (0,05L.ha ⁻¹). Passo Fundo, 2016.....	134
8	(A) Condutividade elétrica (CE: $\mu\text{s.cm}^{-1}$) e (B) potencial hidrogeniônico (pH) de caldas de adjuvantes e fungicida azoxistrobina + benzonvindiflupir (22,5+45 g i.a. ha ⁻¹); barra escura (pH de água + adjuvante); barra clara (pH da mistura de água + adjuvante + fungicida). Passo Fundo, 2016.....	135

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E SUAS RELAÇÕES COM A PLANTA, MANEJO E TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

LAÉRCIO LUIZ HOFFMANN¹

RESUMO - A ferrugem-asiática-da-soja é a doença que mais compromete a produtividade da cultura no Brasil. Existe uma correlação positiva entre a menor duração da área foliar sadia e danos. O controle dessa doença está baseado na aplicação de fungicidas e estes são dependentes de adequada tecnologia de aplicação. A maior dificuldade na aplicação de fungicidas é a cobertura das folhas localizadas nos estratos mediano e inferior do dossel da cultura, onde as técnicas tradicionais não conseguem atingir os alvos. O uso correto de fungicidas contribui para um melhor controle. Objetivou-se, neste trabalho abordar temas ligados à tecnologia de aplicação de fungicidas visando melhorar o controle da ferrugem-asiática-da-soja. Foram realizados experimentos a campo e de laboratório nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016. No primeiro experimento, quantificou-se o acúmulo de matéria seca em grãos e os componentes de rendimento de soja em função da duração da área foliar sadia. Num segundo conjunto de experimentos, avaliaram-se sistemas auxiliares de aplicação (Dropleg® e Vortex®), espaçamentos e cultivares. No terceiro grupo de experimentos, avaliou-se o efeito de adjuvantes

¹ Eng. Agrônomo, Mestre, aluno do doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia.

associados a fungicidas no controle, rendimento, cobertura e depósitos. Os resultados evidenciaram que: a) variações na área foliar e na duração da área foliar sadia da soja, causadas pela doença, interferem no acúmulo de matéria seca, nos componentes de rendimento, no rendimento e na qualidade de grãos; b) os sistemas de aplicação não foram mais eficientes que o sistema convencional na cobertura e depósito no estrato inferior da cultura e no controle da FAS; c) houve acréscimos de rendimento com espaçamentos menores de 0,51 m e a resistência genética diminuiu danos; d) adjuvantes influenciam a eficácia biológica a campo, o pH, a condutividade elétrica e a cobertura dos alvos.

Palavras-chave: *Glycine max*, fungicida, *Phakopsora pachyrhizi*, tecnologia de aplicação.

ASIAN SOYBEAN RUST CONTROL AND ITS RELATIONS WITH THE PLANT, MANAGENT E APPLICATION TECHNOLOGY

ABSTRACT – Asian soybean rust is a disease that more reduce crop productivity in Brazil. There is a positive correlation between healthy leaf area and grain yield damage. The control is based on the fungicidal application whose efficiency is dependent on proper technology application. The greatest difficulty in fungicidal application are the leaves located in the middle and lower crop

canopy, where traditional spraying technologies fail to achieve the targets. The use of correct fungicides application can result in a better ASR control. The objective of this thesis was to address issues related to fungicide application technology to improve control. The field and laboratory experiments were carried out in 2013/2014, 2014/2015 and 2015/2016 growing seasons. In the first experiment the dry matter accumulation in grains and soybean yield components depending on healthy leaf area duration were quantified. In a second set of experiments applying auxiliary systems (Dropleg® and Vortex®), plant row spacing, and cultivars were evaluated. In the third group the effect of adjuvants added to fungicides on Asian soybean rust control performance, coverage and fungicidal suspension deposits were evaluated. The results showed that: a) variations in soybean leaf area and healthy leaf area duration infected by disease, showed effect on dry matter accumulation, yield components, grain yield and, seeds quality; b) the systems of tested fungicide application were not more efficient than the conventional system on covering and deposit in the lower crop canopy and on ASR control; c) there were yield increases with row spacing smaller than 0,51m, and genetic cultivar resistance decreased rust damage; d) Adjuvants showed improvement on biological effectiveness in the field, fungicide suspension pH, electrical conductivity, and target deposit and coverage.

Keywords: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, fungicide, spray technology,.

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem-asiática-da-soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow é a doença que mais causa danos na cultura e apesar da existência de fungicidas eficazes existe limitações para o sucesso do controle químico no campo. A arquitetura das plantas, em conjunto com seu índice de área foliar (IAF>5), constitui uma barreira física que interfere negativamente na deposição de fungicidas no estrato inferior da cultura onde ocorre o início da infecção. A mesma tem tema de alvo de vários estudos, muitos visando aprimorar o controle.

Estima-se que as perdas entre 2002 e 2013 foram de 21 bilhões de dólares, contabilizando danos diretos, custo de controle e redução na arrecadação de impostos (YORINORI et al., 2014). Em considerando-se que a soja seja a principal cultura no Brasil, é imprescindível que a mesma seja tratada como questão de segurança nacional.

A ocorrência de doenças pode comprometer o crescimento das plantas no período crítico e a partição de fotoassimilados até os grãos (KANTOLIC & CARMONA, 2012). Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será a massa dos grãos (COSTAMILAN et al., 2002), e o número de legumes por planta causado pela menor área foliar fotossintética (OGLE et al., 1979; YANG et al., 1991). A variável que poderia melhor explicar a resposta em produtividade seria a duração da área foliar sadia (DAFS), pois engloba o efeito do

patógeno no tecido foliar e a desfolha antecipada da doença (BERGAMIM FILHO et al., 1995; GODOY & CANTERI, 2004a).

O uso de fungicidas é a atual estratégia de controle que visa minimizar danos, porém acarreta custos, necessidade de equipe operacional e equipamentos para a pulverização. O entendimento da doença, dos fungicidas e da planta de soja é elemento-chave para traçar estratégias de controle adequadas. A tecnologia de aplicação é multidisciplinar que envolve aspectos de biologia, química, física, agronomia, os quais devem ser levados em conta quando se visa obter o máximo de controle.

De maneira geral, devem ser adotadas técnicas integradas juntamente com a tecnologia de aplicação para se ter um controle eficiente (BALARDIN, 1999; ANTUNIASSI et al., 2005). Apesar de alguns fungicidas apresentarem sistemicidade parcial, essa translocação é limitada, exigindo, dessa maneira, boa distribuição no dossel.

A cultura da soja recebe o maior número de pulverizações nos estádios reprodutivos, quando a planta apresenta maior desenvolvimento foliar. Há necessidade de estratégias que incrementem a deposição, principalmente na parte inferior da cultura (ZHU et al., 2008; CUNHA et al., 2014). Parcialmente, esses obstáculos podem ser transpostos com o uso de sistemas de auxílio à barra de pulverização (KAUL et al., 1996). Os mecanismos “abridores de copa” são ferramentas que podem ser úteis para aumentar a quantidade de depósitos de pulverização em alvos dentro do dossel em

culturas de espaçamento estreito, como no caso da soja (ZHU et al., 2008; PRADO, 2012).

Adjuvantes podem melhorar o desempenho de fungicidas na cultura da soja, ao proporcionar aumentos da absorção do ingrediente ativo, da retenção no alvo e da persistência (STICKLER, 1992). Adjuvantes auxiliam os ingredientes ativos a obter o melhor desempenho biológico, maximizando a produtividade (AZEVEDO & CASTELANI, 2013).

As principais hipóteses nesse trabalho foram:

- Ao proporcionar a maior duração de área foliar verde, o controle químico contribui para a redução dos danos causados pela FAS.

- Cultivares com resistência genética sofrem menores danos pela FAS. Espaçamentos reduzidos entrelinhas dificultam o controle químico da FAS.

- O uso de adjuvantes adequados melhora a eficácia do fungicida azoxistrobin + benzovindiflupir no controle da FAS.

Objetivo geral desse trabalho foi avaliar as relações entre resistência genética, arranjos de plantas, cultivares, tecnologia de aplicação de fungicidas e o controle químico da ferrugem asiática da soja.

Objetivos específicos foram:

- Avaliar se a redução de área foliar sadia (DAFS) causada pela FAS compromete os componentes de rendimento, o acúmulo de massa seca nos grãos, proteína e óleo. Também posicionar quais seriam os melhores programas de tratamentos para maximizar o rendimento.

- Avaliar se existe influência da redução do espaçamento entrelinhas, de sistemas de auxílio à barra de pulverização e da resistência genética de cultivares no controle da FAS e no rendimento de grãos da soja e;
- avaliar se adjuvantes influenciam na eficácia biológica do fungicida azoxistrobim mais benzovindiflupir utilizado no controle da FAS no campo e se interferem na cobertura, pH, condutividade elétrica em condição de laboratório.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A soja é a cultura mais importante para a economia brasileira. Na safra 2015/2016, a área semeada superou 33 milhões de hectares (CONAB, 2016). A produtividade da soja pode ser limitada por problemas climáticos, atributos físicos e químicos do solo e fatores bióticos.

A principal doença da cultura é a ferrugem-asiática-da-soja (FAS), que foi identificada no Brasil durante a safra 2000/01, causando grande impacto econômico (REIS et al., 2002; YORINORI et al., 2005). Os danos variam de 10 a 90% (HARTMAN et al., 1999; SOARES et al., 2004) e são dependentes de fatores como a cultivar e a intensidade de doença (DANELLI et al., 2015). Estima-se que as perdas entre 2002 e 2013 foram de 21 bilhões de dólares, contabilizando danos diretos, custos de controle e redução na arrecadação de impostos (YORINORI et al., 2014).

O agente causal da FAS é um parasita biotrófico e depende da soja verde. Na fase parasitária o fungo explora as células e

os tecidos vivos extraindo nutrientes e depois esporulando. O fungo não apresenta fase saprofítica. A principal fonte de inóculo da ferrugem são plantas vivas presentes na entressafra ou soja de segunda safra ou plantas como o kudzu. Os uredosporos da ferrugem são assexuais, leves e pequenos e são removidos da superfície foliar quando a mesma é seca. São removidos e transportados a grandes distâncias pelo vento (REIS et. al., 2016) (Figura 1).

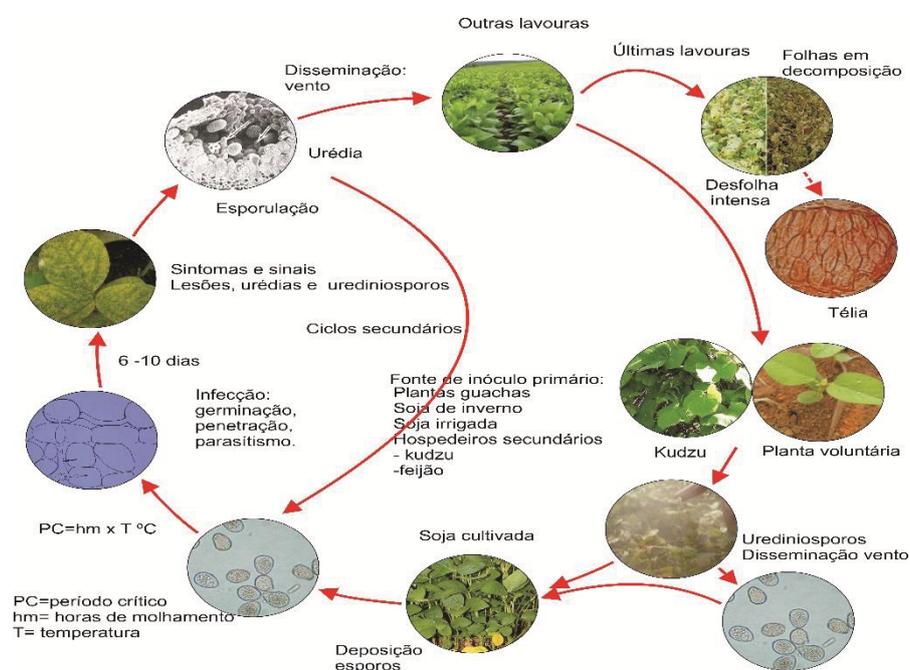


Figura 1 - Ciclo da ferrugem da soja. Fonte: Danelli (2012).

Sob condições de campo, o molhamento foliar é o principal fator que desencadeia a epidemia (DEL PONTE et al., 2006). O fungo *P. pachyrhizi* tem a capacidade de infectar uma planta de soja em temperaturas de 15 a 28 °C, com 6 a 12 horas de

molhamento na superfície das folhas (MELCHING et al., 1989). Quanto à germinação dos uredosporos, foi demonstrado que o fungo é capaz de germinar entre as temperaturas de 7 e 28 °C, sendo a faixa ótima de 15 a 25 °C (MARCHETTI et al., 1976; BLUM, 2009). Kochman (1979) determinou que o período latente foi de 14 dias numa faixa de temperatura variando de 7 a 17 °C, nove dias na faixa de 17 a 27 °C e 11 dias na faixa de 22 a 32 °C.

P. pachyrhizi, ao contrário de outras ferrugens, apresenta penetração direta sobre a cutícula com a formação de apressório (ZAMBENEDETTI et al., 2007). Os sintomas iniciais da doença são pequenas lesões foliares, de coloração castanha a marrom-escura. Na face inferior da folha, podem-se observar urédias que se rompem e liberam os uredosporos. As primeiras lesões, em geral, são encontradas nas folhas inferiores do dossel, próximas ao solo, quando essas se encontram no estágio fenológico próximo ou após o florescimento. Quando as folhas basais estão severamente atacadas, ocorre o amarelecimento do tecido vegetal. O amarelecimento prematuro e a abscisão foliar ocorrem em razão do aumento do número de lesões. Assim, o estágio final de uma epidemia de ferrugem da soja numa lavoura caracteriza-se por amarelecimento geral da folhagem com intensa desfolha (REIS et al., 2006).

A FAS apresenta alto potencial de dano à cultura, pois pode causar amarelecimento e queda prematura de folhas, que prejudica a plena formação dos grãos. A ocorrência de doenças pode comprometer o crescimento das plantas no período crítico e a partição de fotoassimilados até os grãos (KANTOLIC & CARMONA, 2012).

Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será a massa grãos e, conseqüentemente, maior a redução do rendimento e da qualidade. A explicação para isso pode estar no fato de que entre os principais componentes do rendimento afetados pela ferrugem está a massa de grãos (COSTAMILAN et al., 2002) e o número de legumes por planta causados pela menor área foliar fotossintética (YANG et al., 1991). A FAS pode causar decréscimo no enchimento de legumes, redução do número de vagens, e do número de grãos por vagem (OGLE et al., 1979). O peso de grãos pode ser reduzido entre 40 e 80% (YANG et al., 1991).

A desfolha precoce reduz o ciclo da cultura com reflexo no enchimento de grãos (HARTMAN et al., 1999). Fiallos (2010) verificou que a FAS é importante causa de desfolha, e seu controle é importante para preservar a folha, com vistas ao enchimento de grãos. Quanto maior a intensidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área; portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na longevidade dos folíolos. Os danos à produtividade são o reflexo de um conjunto de efeitos que a ferrugem causa sobre a soja como desfolha precoce, redução de área foliar e redução do acúmulo de matéria seca (KUMUDINI et al., 2008). Além dos efeitos relacionados à diminuição dos fotoassimilados destinados às raízes, que indiretamente interferem em todo o sistema da planta (absorção de água e nutrientes minerais) e afeta indiretamente também a eficiência fotossintética da área foliar remanescente (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os modelos de integrais como a AACPD, que relacionam danos com variáveis que representam a totalidade de uma epidemia, são passíveis de serem utilizados para a cultura da soja (YANG et al., 1991). Esses autores observaram que houve relação entre doenças e produtividade; entretanto, a relação é questionável, pois existem muitas variáveis que podem implicar o rendimento como cultivar, clima, solo e estágio da cultura por ocasião do início da FAS. A variável que poderia melhor explicar a resposta em produtividade seria a duração da área foliar sadia (DAFS), pois engloba o efeito do patógeno no tecido foliar e a desfolha antecipada causada pela doença (WAGGONER & BERGER, 1987; GODOY & CANTERI, 2004b). A DAFS parece ser o melhor indicador para explicar a produção de uma cultura (BERGAMIM FILHO et al., 1995). DAFS é afetada pela severidade da ferrugem e também pela desfolha precoce. Para Calaça (2007), a variável que mais se correlaciona com o rendimento é a absorção da radiação solar pela área foliar sadia (AAFS) e segundo Danelli et al. (2015), o número de lesões e de urédias seria indicador mais eficaz para estimar perdas do que a severidade.

Contudo, o rendimento está ligado ao aproveitamento da radiação e não está associado intimamente à severidade de doença. Kumidini et al. (2008) verificaram que a AACPD e a DAF, depois do estágio R2, influenciaram na absorção de radiação, mas não houve alta associação com a variação de rendimento. Os autores sugerem que outros mecanismos podem estar envolvidos, como a perda de folhas que resulta na redução de absorção de radiação solar incidente e na redução de área foliar verde. A ferrugem também reduz a eficiência de

uso da radiação que poderia ser convertida em energia, resultando no menor acúmulo de matéria seca.

O acúmulo de matéria seca nas plantas de soja é crescente até o final do estágio R6, e os grãos atingem seu máximo de acúmulo de matéria seca no estágio R7 (LAZARINI et al., 2000). O acúmulo de matéria seca pelos grãos evolui para o máximo volume, quando são observadas nos legumes totalmente preenchidas por grãos de coloração verde. Devido à localização do período crítico, relativamente tardia no ciclo, torna-se necessário manter a sanidade da cultura até a maturação (KANTOLIC & CARMONA, 2012).

A produção de biomassa pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida pelas folhas, bem como à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese (RADIN et al., 2003). Então, a produção de biomassa depende da fotossíntese líquida, mais precisamente, do que será alocado nos grãos; por isso, a abscisão foliar prematura é um problema muito sério. Ocorre maior acúmulo de matéria seca nos grãos com o aumento do período de enchimento de grãos (TEIXEIRA et al., 1985). A partir do momento em que a planta inicia sua atividade fotossintética, começa a adquirir e acumular matéria seca na haste principal, ramificações, folhas e pecíolos. Com o decorrer dos estágios fenológicos, há um aumento da área foliar a qual aumenta a interceptação de luz. A matéria seca é diretamente proporcional à interceptação e absorção de luz até o limite de área foliar crítico (SHIBLES et al., 1975). O IAF crítico é determinado pela área foliar

em que a planta consegue interceptar plena radiação solar, maximizando a taxa de crescimento (KANTOLIC & CARMONA, 2012).

A duração da área foliar sadia (DAFS) durante a fase reprodutiva apresenta relação com o rendimento de grãos e tem influência da cultivar, do fungicida utilizado e da época de aplicação (ALESSIO, 2008). O período crítico para a formação e para o enchimento dos grãos está relacionado com a fotossíntese líquida da cultura, entre os estádios R1 e R6. A diminuição da massa de grãos está associada ao encurtamento do período de enchimento, que pode também pode ser causado por deficiência hídrica ou de nitrogênio. À medida que o ciclo da cultura avança, cada vez é mais difícil compensar o número de grãos com a massa de grãos. As restrições na fotossíntese podem comprometer a disponibilidade de assimilados por semente, reduzindo sua taxa ou duração de enchimento (KANTOLIC & CARMONA, 2012). As taxas de crescimento de legumes e de acúmulo de matéria seca pelos grãos são relativamente lentas, entre 25 a 35 dias após o florescimento. A partir desse período, tornam-se rápidas e as vagens e grãos vão perdendo a coloração verde. Conforme a matéria seca é transferida para os grãos, ocorre amarelecimento e queda de folhas (SANTOS, 2008).

O principal efeito das doenças é afetar a interceptação da radiação solar incidente. Os efeitos da FAS na fisiologia da soja são mais intensos se comparados a outras doenças. Koga et al. (2007) verificaram efeitos da FAS sobre a eficiência do uso da radiação (EUR) em nível de campo. Godoy et al. (2007b) avaliaram o efeito da

ferrugem da soja, analisando o tecido teoricamente sadio ao redor das lesões com um medidor de trocas gasosas a campo. Os valores de lesão virtual variaram de 2,5 a 4,5 vezes o tamanho da lesão visível dependendo da cultivar. Isso indica um efeito do patógeno na folha além do esperado pela redução da área foliar restrita ao tamanho da lesão visível, conseqüentemente reduzindo a fotossíntese líquida. Esses autores também verificaram uma redução da transpiração nas folhas de plantas infectadas com a FAS.

Quando a ferrugem ocorre mais cedo no ciclo da cultura, fase vegetativa, causa maior senescência foliar. Uma desfolha precoce e severa compromete o número de grãos e o peso de grãos, ocasionando danos maiores. Uma desfolha menor e em estádios vegetativos mais tardios afeta somente o peso dos grãos e produz danos menores (KANTOLIC & CARMONA, 2012; YANG et al., 1991). Fiallos (2010) apurou que o controle das doenças, com aplicações de fungicidas, influenciou mais na massa de grãos e não teve influência no número de legumes ou grãos por planta. Fato esse que foi associado à ocorrência mais tardia da doença.

Além do dano quantitativo em rendimento, podem ocorrer perdas de qualidade. Ogle et al. (1979) averiguaram que plantas infectadas com a FAS sofreram redução no teor de óleo, mas não no teor de proteína.

2.1 Estratégias de controle da FAS

Várias são as estratégias para o controle da FAS, mas nenhuma é efetiva se usada de maneira isolada. Segundo Godoy et al.

(2016), tendo em vista a diminuição do controle pelos fungicidas, a adoção de medidas integradas ao controle da doença é importante para a sustentabilidade da cultura. Langenbach et al. (2016) relatam que, além dos fungicidas, enquadram-se data de semeadura, vazio sanitário, monitoramento, resistência genética e técnicas biotecnológicas.

2.1.1 Controle cultural

Métodos culturais de controle, como a semeadura no início da época preferencial, cultivares de ciclo precoce e mudança no espaçamento entrelinhas, visam minimizar o impacto da FAS. Os espaçamentos mais usados na região ficam entre 0,40m e 0,50m entrelinhas. Tem-se observado ganhos de produtividade em espaçamentos menores. Em espaçamentos reduzidos, ocorre um fechamento e sombreamento mais rápidos das entrelinhas, ocorrendo maior interceptação solar e menor competição intraespecífica (RAMBO et al., 2002). Maior espaçamento entrelinhas de cultivo resulta em menor severidade da ferrugem e também permite melhor deposição nos estratos inferiores do dossel do fungicida durante a aplicação, facilitando o manejo da doença. Sob o ponto de vista epidemiológico, o sombreamento e fechamento das entrelinhas mais precoces propiciam menor circulação de ar, a elevação da umidade e o molhamento da superfície foliar durante um tempo maior. Esses fatores favorecem a incidência de doenças e podem afetar a produtividade (ZAMBOLIM, 2006; MADALOSSO, 2007; FERREIRA, 2009; MADALOSSO et al., 2010).

2.1.2 Vazio sanitário da soja e calendarização de semeadura

O fungo que causa a ferrugem-asiática é biotrófico e precisa de hospedeiro vivo para se desenvolver e multiplicar. O vazio sanitário é uma estratégia adicional no manejo da FAS que compreende um período de ausência de plantas vivas (60-90 dias) dessa cultura no campo na entressafra e visa reduzir sobrevivência do fungo, a produção de inóculo, a disseminação da FAS visando atrasar a ocorrência da doença na safra (SEIXAS & GODOY, 2007, EMBRAPA, 2016). O vazio sanitário foi implantando em 2006 no Mato Grosso e em Goiás e, posteriormente, foi estendido para outros estados seguindo instruções normativas estaduais.

A calendarização da semeadura da soja é a determinação de data-limite para o final da semeadura na safra. O objetivo da calendarização é reduzir o número de aplicações de fungicidas, para reduzir a pressão de seleção sobre a população do fungo pelo fungicidas. As lavouras de semeaduras muito tardias de soja podem receber inóculo muito cedo, e exigem a antecipação das pulverizações de fungicida e demandando maior número de aplicações, aumento a exposição. Essa medida foi estabelecida também por normativas estaduais (EMBRAPA, 2016)

Essas medidas são de extrema importância para a sojicultura nacional. Ao ritmo em que vinham sendo adotado, possivelmente hoje, a doença estaria fora de controle devido a perda de efetividade do controle químico em função da resistência.

2.1.3 Escape

As maiores reduções de produtividade são observadas nos cultivares tardios em relação aos demais ciclos, devido ao fato que a FAS fica mais tempo infectando os tecidos, diminuindo mais a produtividade (OLIVEIRA et al., 2005). Em condições simuladas, não há evidências de que condições meteorológicas menos favoráveis à doença ocorram em função da antecipação da semeadura e uso de cultivares de grupo maturação super precoce para o RS (CHEVARRIA et al., 2013).

À medida que se prolonga a permanência da cultura no campo e se retarda a semeadura, maior será a intensidade da doença. Semeadura de cultivares precoces no início da época propícia é estratégia de escape recomendada (YORINORI, 2002). Cultivares de ciclo precoce tem menores danos em comparação a ciclos tardios. Em relação a época de semeadura, os primeiros cultivos devem apresentar menor intensidade de doença devido a menor disponibilidade de inóculo (REIS, et. al, 2006).

2.1.4 Resistência genética

A resistência genética de plantas aos patógenos pode ser definida como a capacidade do hospedeiro se prevenir contra o crescimento e desenvolvimento do patógeno (PARLEVLIET, 1997). A estratégia mais conveniente e econômica no controle de doenças é o uso de da resistência genética, mas, no caso da soja, existem poucas opções de cultivares resistentes. Trabalhos têm sido desenvolvidos de

maneira a incorporar essa estratégia de controle para facilitar o manejo da FAS (TWIZEYAMANA et al., 2007; ARIAS et al., 2008; PIEROZZI et al., 2008).

Os cultivares resistentes ou tolerantes são componentes-chave para o controle integrado da FAS (ARAÚJO & VELLO, 2010). Trabalhos desenvolvidos visando de selecionar genótipos promissores em busca de fontes de resistência à FAS (YORINORI et al., 2004). É conhecida a resistência específica contra a FAS é conhecida e existem seis genes dominantes identificados (Rpp1, Rpp2, Rpp3, Rpp4, Rpp5, Rpp6) (McLEAN; BYTH, 1980; BROMFIELD; HARTWIG, 1980; HARTWIG; BROMFIELD, 1983; HARTWIG, 1986; GARCIA et al., 2008; LI et al., 2012). As combinações desses genes podem conferir resistência mais durável contra a diversidade de população. Um dos problemas de se trabalhar com a resistência genética é que a ela não é sempre durável, devido à variabilidade do patógeno (OLIVEIRA et al., 2005). No Brasil, existe uma grande diversidade nas populações do fungo (FREIRE et al., 2008; SOARES et al., 2009; AKAMATSU et al., 2013).

Quase a totalidade de cultivares de soja no Brasil é suscetível à FAS. Para as consideradas resistentes, a diversidade do fungo pode em pouco tempo tornar essa medida de controle ineficiente. Nesse sentido, faz-se necessário associar a resistência genética a outras práticas como o controle químico.

2.1.5 Fungicidas

A técnica de controle da FAS mais usada é o uso de fungicidas pulverizados sobre as folhas. Há necessidade do aprimoramento do uso de fungicidas na cultura da soja, aliado à escolha dos melhores produtos disponíveis no mercado. Diferenças significativas de rendimento ocorrem em virtude da aplicação de fungicidas (NAVARINI et al., 2007). As aplicações tardias de fungicidas ou realizadas com presença de doença não apresentam controle suficiente para evitar danos (GODOY et al., 2009; GODOY et al., 2015).

A decisão sobre o momento correto do início das aplicações do controle químico é fundamental para a eficácia dos tratamentos, visto que atrasos na adoção de medidas de controle podem torná-lo tão ineficaz quanto à ausência de aplicações (CALAÇA, 2007). Por mais eficazes que sejam os fungicidas utilizados no controle da ferrugem da soja, ainda existem alguns pontos críticos, como o momento ideal para início das aplicações, o que pode comprometer os resultados (GODOY et al., 2007a). O efeito do controle curativo de fungicidas pode ser reduzido com o atraso da aplicação após a inoculação (GODOY & CANTERI, 2004; VIERO & FORCELINI, 2007). A aplicação de fungicida para controle de FAS quando realizada mais cedo resulta em maior índice de área foliar (IAF), contribuindo com a massa de grãos (FIALLOS, 2010).

Tem-se constatado o menor controle pelos fungicidas nas últimas safras (GODOY et al., 2013, 2014, 2015; REIS et al., 2015). Os principais grupos químicos que atualmente são usados para o

controle da FAS são os triazóis, estrobilurinas, carboxamidas e mutissítios (nitrilas e diticarbamatos). Por conta da resistência de *P. pachyrhizi* aos fungicidas triazóis e estrobilurinas, o controle da doença e a manutenção da área foliar têm sido dificultados (FRAC, 2016).

No Brasil existem formulações comerciais, isoladas ou misturas, indicadas de fungicidas para o controle da FAS (MAPA, 2016), sendo esses fungicidas baseados em estrobilurinas e triazóis isolados, misturas duplas de estrobilurinas e triazol e (E+T), estrobilurinas e carboxamidas (E+C), triazol e benzimidazol (T+B) e misturas triplas de estrobilurinas com triazóis e benzimidazóis (E+T+B). O mais usual em nível comercial são as misturas de triazol com estrobilurinas. Os principais fungicidas possuem três mecanismos de ação a saber:

- a) estrobilurinas: inibidores de respiração no complexo III - citocromo bc1 (fungicidas QoI, código FRAC 11), que são representados pela azoxistrobina, cresoximetílico, picoxistrobina, piraclostrobina, trifloxistrobina;
- b) triazóis e triazolintione: inibidores da síntese de ergosterol (fungicidas DMI, código FRAC 03) ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, flutriafol, metconazol, propiconazol, protioconazol, tebuconazol, tetraconazol;

- c) carboxamidas - inibidores de respiração no complexo II, succinato dehydrogenase (fungicidas SDHI, código FRAC 07) benzovindiflupir, fluxapirroxade;
- d) Ditiocarbamatos: Peroxidação de lipídios, interferência em enzimas do citoplasma e da mitocôndria; Clorofenois: Interrupção da glicólise (respiração) em sítios diferentes de SDHI e QoI (FRAC, 2016).

Além da mudança de mecanismos de ação, outras estratégias de controle também são importantes para evitar o agravamento da resistência, por exemplo, uma boa tecnologia de aplicação; (FRAC, 2016).

2.1.6 Tecnologia de aplicação de fungicidas em soja

De maneira geral, devem ser adotadas técnicas integradas juntamente com a tecnologia de aplicação para obter um controle eficaz (BALARDIN, 1999; ANTUNIASSI et al., 2005). A técnica de aplicação para o controle de doenças deve ser diferente daquela empregada para aplicar inseticidas ou herbicidas, pois há necessidade de maior eficiência para esse tipo de situação quando comparado a pragas e plantas daninhas (OZKAN et al., 2006). Apesar de alguns fungicidas apresentarem sistemicidade parcial, a translocação é limitada, exigindo, dessa maneira, uma boa distribuição no dossel (ANTUNIASSI et al., 2004).

Para os fungicidas, que possuem baixas ou nenhuma mobilidade é extremamente importante a cobertura foliar, sendo que o aumento do volume de calda possui efeito positivo sobre essa

característica (CUNHA, 2006). Para obtenção de ganho operacional, existe a tendência de redução de volumes de calda ($<70 \text{ L.ha}^{-1}$) (PASTORELLO et al., 2014). Essa técnica aumenta o risco de diminuir o controle das doenças da soja (. Vários trabalhos mostram o efeito positivo em controle e rendimento por ocasião do uso de maiores volumes ($100\text{-}150 \text{ L.ha}^{-1}$) (ROEHRIG et al., 2016; CECHI, 2016; POVH & ANJOS, 2015; HOFFMANN et al., 2015; CUNHA et al., 2014).

O transporte do ingrediente ativo para o interior do dossel é condição básica para o controle eficaz de pragas e doenças e, à medida que o ciclo da cultura avança atingir as camadas inferiores do dossel, torna-se um desafio cada vez maior (RAETANO, 2007). A arquitetura das plantas de soja e de suas folhas não é característica favorável à penetração das gotas de uma pulverização no interior do dossel da cultura (BOLLER et al., 2007). As pulverizações tradicionais, tanto aéreas quanto terrestres, podem não são eficientes para transpor a barreira imposta pelas folhas dos estratos superiores do dossel ao jato de pulverização. A densidade de plantas e o arranjo espacial podem facilitar a penetração de calda (CUNHA et al., 2011).

A penetração de gotas no dossel da cultura é aspecto fundamental, sobremaneira para doenças que iniciam a patogênese nas folhas baixas, como é o caso da FAS. A cobertura no interior do dossel é desuniforme e apresenta resultados ineficientes (BOLLER et al., 2007).

Os parâmetros de pulverização devem ser ajustados em função da arquitetura das cultivares, principalmente ao índice de área

foliar e estatura (DALLA FAVERA, 2012). Para a uma alta eficiência no controle das doenças, as gotas das pulverizações de fungicidas devem ser depositadas em quantidades adequadas em todas as folhas das plantas (AZEVEDO, 2003).

Uma das formas de se obter essa boa deposição em alvos biológicos é a escolha correta da ponta e da técnica de aplicação do fungicida, bem como o momento da aplicação (CUNHA & PERES, 2010). As gotas geradas deverão situar-se num tamanho de 200 a 300 μm . Gotas menores podem ser usadas, mas há maior necessidade de evitar a deriva, como no caso do uso de barras assistidas a ar (OZKAN, 2005).

A seleção das pontas serve para adequar o pulverizador ao tipo de aplicação que será realizada, buscando sempre otimizar o efeito biológico e a capacidade da máquina aplicadora (BOLLER, 2006). As pontas que produzem gotas mais finas (jatos planos duplos e jatos cônicos vazios) proporcionam maior cobertura dos alvos. Mesmo assim, no dossel inferior, essa cobertura ainda é considerada baixa (ANTUNIASSI, 2004). Essas pontas apresentam baixa uniformidade de distribuição, com grandes variações em razão de pressão e altura da barra (CUNHA & SILVA, 2010). As gotas finas sofrem influência da temperatura alta e da baixa umidade relativa do ar e diminuem significativamente a deposição e, conseqüentemente, aumentam as perdas de gotas pulverizadas para o ambiente (BALAN et al., 2008).

A eficiência da aplicação é determinada pela adequada deposição e distribuição do produto no alvo; portanto, a escolha da

ponta de pulverização é fundamental para que se obtenham gotas de tamanho ideal, somadas ao momento de aplicação mais oportuno, compondo um conjunto de fatores que devem ser considerados na tomada de decisão para o controle das doenças (MADALOSSO, 2007).

Técnicas convencionais de pulverização, através de pontas de energia hidráulica ou centrífugas, com menores ou maiores volumes de aplicação, oferecem baixa recuperação de depósitos e coberturas nos terços médios e inferiores das plantas de soja ocasionando baixa eficiência (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011). A deposição de gotas nos estratos mediano e inferior do dossel de diferentes cultivares não ultrapassa a 20% (TORMEN et al., 2012), e a deposição no terço superior em relação ao inferior chega a ser maior que três vezes (VILLALBA et al., 2009; CUNHA et al., 2011).

Para aplicações de fungicidas em soja é extremamente importante, além do depósito, a uniformidade de cobertura da superfície foliar, já que a maioria dos fungicidas em limitações de translocação. Em diferentes formas de aplicação, sempre é verificada maior cobertura na parte superior (ALVES & CUNHA, 2011), sendo muito difícil de atingir a parte abaxial das folhas (SCUDELER, 2006).

A cultura da soja recebe o maior número de pulverizações nos estádios reprodutivos, quando a planta apresenta maior desenvolvimento foliar. Nesse período, as folhas dos estratos superiores constituem uma barreira contra a deposição de gotas de calda fungicida no interior do dossel, tornando as pulverizações com

barras convencionais pouco eficientes, necessitando de estratégias que incrementem a deposição, principalmente na parte inferior da cultura (ZHU et al., 2008; CUNHA et al., 2010b; CUNHA et al., 2011; CUNHA et al., 2014). Esses obstáculos podem ser transpostos parcialmente com o uso de sistemas de auxílio à barra de pulverização (KAUL et al., 1996).

Os mecanismos “abridores de copa” são ferramentas que podem ser úteis para aumentar a quantidade de depósitos de pulverização em alvos localizados no interior do dossel em culturas de espaçamento estreito, como no caso da soja (ZHU et al., 2008; PRADO, 2012).

Sistemas de cortina de ar, como é o caso do Vortex®, podem ajudar a aumentar a deposição de calda no interior do dossel da cultura da soja; mesmo assim, a cobertura obtida ainda é baixa (OZKAN et al., 2006). Existem casos de melhoria no controle da ferrugem asiática, proporcionando acréscimo na produtividade e peso de mil grãos (CHRISTOVAM et al., 2010; PRADO et al., 2010). Verifica-se uma redução significativa da deriva em relação ao equipamento sem assistência de ar, nas mesmas condições meteorológicas (BAUER & RAETANO, 2000). O estágio de desenvolvimento da cultura também é um fator que influencia na deposição da pulverização. Em condições de dossel mais aberto, às vezes, não há influência positiva do sistema de assistência à barra por cortina de ar. Esse sistema mostra diferencial principalmente em dossel fechado em estádios de desenvolvimento mais avançado (BAUER et al., 2008).

Dentre os mecanismos auxiliares à barra de pulverização, encontram-se as cortinas de correntes (WITT et al., 2009), nas quais são verificados diferenciais positivos de deposição de gotas no dossel inferior (WITT et al., 2010; BOLLER et al., 2013).

Outro mecanismo auxiliar, ainda em fase de desenvolvimento, é o sistema DROPLEG®. Segundo o fabricante (Lechler®), trata-se de pingentes similares a uma bengala, montados nos bicos da barra, com espaçamento de 0,50 m em cujas extremidades são inseridas pontas de pulverização. Esses pingentes penetram no interior do dossel da cultura e os jatos das suas pontas são direcionados de baixo para cima, buscando atingir as folhas de diferentes estratos no interior do dossel das plantas. O seu uso é aplicável em várias culturas de fileiras. Essa técnica apresenta maior eficácia biológica para pragas e doenças que estão em partes de difícil acesso da planta como o dossel inferior (RUEGG & TOTAL, 2013). Ainda não existem dados publicados informando sobre efeitos da utilização desse sistema na cultura da soja.

2.1.7 Adjuvantes

Adjuvantes são definidos como produtos utilizados em mistura com produtos formulados para melhorar a sua aplicação (BRASIL, 2002). Adjuvantes de calda são substâncias ou compostos sem propriedades fitossanitárias, utilizadas com o objetivo de facilitar a aplicação, aumentar a eficiência ou diminuir riscos (KISSMANN, 1998). Destacam-se como benefícios da utilização de adjuvantes o aumento da absorção dos ingredientes ativos, aumento da sua retenção

no alvo e aumento da persistência (STICKLER, 1992). Adjuvantes auxiliam os ingredientes ativos a obter melhor desempenho biológico, maximizando a produtividade (AZEVEDO & CASTELANI, 2013).

Os adjuvantes são classificados pela sua atividade, sendo divididos em ativadores e utilitários (ASTM, 1999). Os adjuvantes ativadores são os que melhoram a atividade do defensivo, principalmente aumentando a absorção (PENNER, 2000). Juntamente com o defensivo podem penetrar na cutícula atingindo outros sítios de ação. Eles podem solubilizar cera cuticular, formar cristais e reter umidade nos depósitos (TADROS, 2005). Os principais representantes dos adjuvantes ativadores são os surfactantes, óleos vegetais, óleos metilados, óleos minerais, derivados de silicones e os fertilizantes foliares nitrogenados (OLIVEIRA, 2011). Os adjuvantes utilitários agem como facilitadores da pulverização e incluem os agentes compatibilizantes, depositantes, dispersantes, controladores de deriva, antiespumantes, condicionadores da água, acidificantes, tamponantes, umectantes, protetores de raios ultravioletas e corantes (McMULLAN, 2000). Embora esses produtos não tenham influência direta na ação do agrotóxico, sua utilização pode resultar em maior eficiência biológica (MELO, 2015).

As pesquisas com adjuvantes vêm crescendo substancialmente nos últimos anos; entretanto, a maioria dos trabalhos avalia a associação desses produtos com herbicidas (MELO, 2015). Em alguns casos, a adição de adjuvante permitiu reduzir a dose utilizada de herbicida em mais de 50% em comparação àquela utilizada sem adjuvante (VARGAS & ROMAN, 2006). Salienta-se

que para todos os fungicidas não existe a recomendação de redução de dose em função do uso de adjuvantes.

Os fungicidas exigem uma boa distribuição no dossel, pois a sistemicidade é limitada (ANTUNIASSI et al., 2004). O controle de doenças da soja pode ser aumentado com o uso de maiores volumes de calda, mudanças no tamanho das gotas e uso de adjuvantes que aumentem o espalhamento e cobertura (BALARDIN, 2001).

Segundo a fórmula de cobertura de Courshee (1967): $C = 15.V.R.K^2/(A.D.)$, em que C: % da área foliar coberta; V = Volume de aplicação ($L.ha^{-1}$); R: taxa de recuperação (% do volume aplicado); K: fator de espalhamento de gotas; A: superfície vegetal existente no hectare; D: diâmetro de gotas; qualquer um dos fatores no numerador (V, R, K) que aumente incrementará a cobertura, destacando o fator espalhamento de gotas (K) possui um efeito muito mais proeminente, uma vez que se trata de uma função quadrática. Com a utilização de adjuvantes que promovam uma redução da tensão superficial da calda de pulverização, o fator K será sensivelmente elevado, obtendo-se cobertura maior e maior eficiência na pulverização. Diminuindo-se o denominador (A e /ou D), também se pode aumentar a cobertura. Nesse caso, o uso de gotas menores tende a aumentar a cobertura, porém incrementa o potencial de perdas pelos processos de deriva e evaporação.

No caso de gotas pequenas, também podem ser usados adjuvantes que evitem a formação de gotas muito finas ($<150 \mu m$) e também se podem utilizar compostos com taxa de evaporação inferior à água que evitem a evaporação das gotas de pulverização até

atingirem o alvo desejado. Conforme Vargas & Roman (2006), os óleos podem desempenhar essa função.

Atualmente, cerca de 70 a 80% do mercado brasileiro oficial é composto por adjuvantes à base de óleo mineral e vegetal ou óleos modificados (AZEVEDO & CASTELANI, 2013); isso em função, principalmente, de fungicidas em soja para controle da ferrugem asiática.

As principais vantagens para o uso de adjuvantes são: rápida absorção dos pesticidas; redução das perdas por precipitações; possibilidade de recobrimento e molhamento de frutos e folhas que são naturalmente hidrofóbicos; melhor distribuição e adesão dos pesticidas; melhor penetração no alvo desejado. Podem ser classificados pela sua composição química ou conforme a função na calda de pulverização ou no alvo biológico (AZEVEDO & CASTELANI, 2013). Cabe ressaltar que os adjuvantes não fazem todas as funções, e ocorre especificidade entre eles.

Alguns adjuvantes são essenciais para a retenção de depósitos e para aumentar a penetração cuticular (MELO, 2015). A maior absorção pode se dar pela mudança no depósito do ingrediente ativo na folha, efeito na difusão transcuticular e na permeabilidade da membrana plasmática (WANG & LIU, 2007). A penetração cuticular pode ocorrer pelas mudanças estruturais e químicas na superfície foliar e na cutícula (KIRKWOOD, 1999).

Óleos associados a emulsificantes apresentam efeitos positivos como molhante, espalhante, penetrante, antievaporante, melhoria de translocação, retenção e efeito adesivo (CURRAN et al.,

1999; VARGAS & ROMAN, 2006; ANTUNIASSI, 2009; OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2014). Também minimiza o efeito da chuva e melhora o efeito de controle sobre a FAS (DEBORTOLI, 2008). Nas aplicações aéreas de fungicidas, há efeitos positivos na adição de óleo vegetal (COSTA, 2009).

Os surfactantes organosilicones têm alta capacidade de reduzir a tensão superficial da solução e o ângulo de contato das gotas com as superfícies dos alvos. Assim, são considerados agentes molhantes da superfície foliar e aumentam a cobertura (GASKIN & ZABKIEWICZ, 1992; GENT et al., 2003; SPANOGHE et al., 2007; VILELA et al., 2013). De maneira geral, existem incrementos de controle por ocasião da associação de siliconados nas caldas de fungicidas (GUTS, 2013; ROERING et al, 2016).

Os surfactantes anfóteros contêm ambas as cargas positivas e negativas e funcionam similares aos não iônicos. O mais comum dentre os surfactantes anfóteros é a lecitina (fosfatidilcolina), a qual é derivada dos grãos de soja (TU & RANDALL, 2003). São surfactantes que, dependendo do pH, podem formar em solução aquosa superfícies aniônicas ou catiônicas.

No mercado encontra-se o LI 700 que é um surfactante e agente acidificador que melhora a distribuição e aderência, diminuição da tensão superficial das gotas de pulverização, promovendo uma cobertura mais uniforme e da superfície tratada, bem como um contato mais direto do produto com a planta, auxiliando desse modo sua penetração (AGROFIT, 2016). Os nitrogenados, apesar de serem

vendidos como adjuvantes de fungicidas em soja, não existe trabalhos mostrando a eficiência dos mesmos.

As avaliações de adjuvantes em laboratório dão uma boa ideia do comportamento dos mesmos quanto às características físico-químicas (OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2014; MELO, 2015). Mais de 20 características podem ser estudadas. Dentre as mais importantes estão: ângulo de contato das gotas com a superfície dos alvos, viscosidade, tensão superficial, forma física do depósito, espalhamento/molhamento (GREEN, 2000). A adição de um adjuvante na calda pode alterar o padrão de gotas e a vazão; no entanto, seu efeito pode ser positivo ou até mesmo negativo no que se refere à deposição do produto no alvo (AZEVEDO, 2001; LAN et al., 2007).

Adjuvantes podem conter grande quantidade de íons e aumentar a condutividade elétrica, podendo diminuir a eficiência biológica de ingredientes ativos (RHEINHEIMER & SOUZA, 2000). Outro fator extremamente importante é o pH, que, em valores extremos, pode causar instabilidade dos agrotóxicos na calda de pulverização, ocasionando precipitações, redução da eficiência agrônômica e, em casos extremos, inativação de ingredientes ativos.

Em aplicações de fungicidas com diferentes adjuvantes e pontas de pulverização, não foram verificadas diferenças significativas no controle da FAS e na deposição de gotas entre os mesmos, mas diferindo do tratamento sem adjuvante (CUNHA et al., 2011). Em trabalhos com adjuvantes, verificou-se em maior densidade de gotas nos terços médio e superior do dossel e maior produtividade. No

entanto, seu comportamento em relação à qualidade da pulverização variou dependendo da ponta empregada (CUNHA & PERES, 2010). Há situações em que não ocorrem diferenças entre adjuvantes para controle da FAS (NASCIMENTO et al., 2012). De maneira geral, recomenda-se seguir as recomendações dos fabricantes expressas nas bulas dos produtos (AZEVEDO, 2011).

Características da superfície foliar como cerosidade e pilosidade, assim como idade das plantas e condições ambientais podem influenciar na retenção dos produtos aplicados (VIDAL; LAMEGO, 2011). Contudo, o efeito da adição de adjuvantes na pulverização é um processo complexo, que dificulta o estabelecimento de relações claras e diretas pois envolve aspectos físicos, químicos e fisiológicos (DOWNER et al., 1998). Os agrotóxicos possuem afinidades diferentes com os adjuvantes, o que dificulta a generalização quanto à indicação de uso desses produtos (CHOW, 1993).

Grande parte dos problemas advindos da utilização de aditivos de calda origina-se do desconhecimento de sua ação e das implicações de sua utilização (ANTUNIASSI, 2006). Boa parte dos problemas poderia ser minimizada com a especificação clara nos rótulos dos produtos com sua constituição química. A escolha correta de adjuvantes pode melhorar a eficiência dos agrotóxicos, mas infelizmente as recomendações estão mais baseadas em questões comerciais do que técnico-científicas (MELO, 2015). De certa forma, isso contribui para que se criem recomendações sem base científica, originando um mercado paralelo, em que adjuvantes são registrados

como fertilizantes foliares, muitas vezes sem base técnica, comprometendo a performance de fungicidas.

CAPÍTULO I

COMPONENTES DO RENDIMENTO E RENDIMENTO DE GRÃOS EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DA ÁREA FOLIAR NA SOJA CAUSADA PELA FERRUGEM ASIÁTICA

LAÉRCIO LUIZ HOFFMANN¹

RESUMO – Os danos da ferrugem-asiática-da-soja estão relacionados com a intensidade e época de sua ocorrência, sendo que a massa de mil grãos é o principal componente de rendimento afetado. O objetivo deste estudo foi avaliar se a redução de área foliar sadia causada pela ferrugem-asiática-da-soja afeta os componentes de rendimento e o acúmulo de massa seca nos grãos, proteína e óleo. O experimento foi conduzido em Passo Fundo, RS, na safra 2014-2015. Utilizou-se a cultivar de soja Syn 13561 IPRO, a qual foi conduzida segundo as indicações técnicas para a cultura. O gradiente de severidade da doença foi gerado pela utilização de diferentes programas de fungicidas. O delineamento foi em blocos inteiramente casualizados com três repetições. Foram obtidos gradientes de doença que resultaram em diferentes durações de área foliar sadia. Quantificou-se o acúmulo de massa seca dos grãos, componentes de rendimento, rendimento de grãos e os teores de proteína e de óleo. Os

¹ Eng. Agrônomo, mestre, aluno do doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia.

componentes de rendimento, rendimento de grãos e o acúmulo de massa seca dos grãos foram afetados negativamente pela diminuição da duração da área foliar sadia.

Palavras-chave: área foliar, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, fungicida.

**YIELD COMPONENTS, GRAIN PRODUCTIVITY, AND
THEIR RELATIONSHIP WITH HEALTHY LEAF AREA
DURATION IN SOYBEAN INFECTED BY ASIAN SOYBEAN
RUST**

ABSTRACT - Soybeans is the main economic crop of Brazil and the asian soybean rust the most important disease. Damage is related to the intensity of the disease and the time of its occurrence. The main affected yield component is the mass of a thousand seeds. The objective of this study was to evaluate the influence of reducing the foliar area duration caused by the ASR on yield components and dry matter accumulation in soybean seeds. The experiment was conducted at the experimental field of the Faculdade de Agonomia e Medicina Veterinária/Universidade de Passo Fundo/Passo Fundo/RS/Brazil in season 2014-2015. It was used the cultivate soybean Syn 13561 IPRO, early maturing, indeterminate growth habit, conducted according to technical recommendation. The disease severity gradient was generated by the use of different fungicides programs, differing in time, number and type of applied fungicide. The experimental design

used was randomized complete block with three replications. The disease gradients obtained resulted in different leaf area indexes and severity of rust on soybean reproductive stages. It quantified the biomass accumulation of seeds from the R5 stage, yield components, grain yield and protein and oil. The severities values were paid in area under the asian soybean rust progress curve and was calculated the duration of healthy leaf area based on leaf area assessments and severity at different stages in the reproductive phase. Yield components, grain yield and the accumulation of dry matter of the seeds were negatively affected by decreased duration of healthy leaf area.

Keywords: fungicide, *Glycine max*, leaf area, *Phakopsora pachyrhizi*.

1 INTRODUÇÃO

A principal doença da cultura é a ferrugem asiática da soja (FAS) causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow e foi identificada no Brasil durante a safra 2000/01. Estima-se que a perda causada pela FAS de 2003 a 2013 tenha ultrapassado 21 bilhões de dólares (YORINORI et al., 2014). É considerada uma das doenças mais destrutivas e que causa maiores danos em várias espécies de plantas da família fabaceae (YORINORI et al., 2005; REIS et al., 2006). Em geral, os danos variam de 10 a 90% (HARTMAN et al., 1999; SOARES et al., 2004).

A duração da área foliar sadia (DAFS) é o melhor indicador para explicar a produção de uma cultura (BERGAMIM FILHO et al., 1995) Essa variável engloba o efeito do patógeno no tecido foliar (severidade) e a desfolha antecipada da doença (WAGGONER & BERGER, 1987; GODOY & CANTERI, 2004b).

A desfolha precoce reduz o ciclo da cultura com reflexo no enchimento de grãos (HARTMAN et al., 1999). Fiallos (2010) determinou que a FAS é importante causa de desfolha, e o seu controle é importante para preservar a folha com vistas ao enchimento de grãos. Quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área; portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na longevidade dos folíolos. Os danos em produtividade são o reflexo de um conjunto de efeitos que a ferrugem causa sobre a soja, como desfolha precoce, redução de área foliar e redução do acúmulo de massa seca (KUMUDINI et al., 2008). Além dos efeitos relacionados à diminuição dos fotoassimilados destinados às raízes, que indiretamente irão afetar todo o sistema da planta (absorção de água, nutrientes minerais), comprometendo indiretamente também a eficiência fotossintética da área foliar remanescente (TAIZ & ZIEGER, 2004).

A FAS apresenta alto potencial de dano à cultura, pois causa amarelecimento e queda prematura de folhas e prejudica a plena formação dos grãos. Para evitar maiores danos, várias são as estratégias de controle para FAS (LANGENBACH et al., 2016). No Brasil, a principal estratégia de controle é o controle químico.

Em virtude do controle realizado com fungicidas, os danos foram reduzidos nas lavouras de um grupo de produtores que segue as recomendações de controle, resultando em maior duração da área foliar sadia (DAFS) durante o enchimento de grãos, o que influencia diretamente os componentes de rendimento e o acúmulo de massa seca de grãos. Entretanto, aplicações tardias de fungicidas ou realizadas com presença da doença não apresentam controle suficiente para evitar danos (GODOY et al., 2009; GODOY et al., 2015).

Tem-se constatado o menor controle pelos fungicidas nas últimas safras (GODOY et al., 2015; REIS et al., 2015). Por conta da resistência de *P. pachyrhizi* aos fungicidas triazóis e estrobilurinas, o controle da doença e a manutenção da área foliar têm sido dificultados (FRAC, 2016). A inclusão de um novo grupo químico (carboxamida) nos programas de aplicação pode recuperar o controle sobre a ferrugem e permitir maior duração da área foliar sadia.

O objetivo deste estudo foi avaliar se a redução de área foliar sadia (DAFS) causada pela FAS compromete os componentes de rendimento, o acúmulo de massa seca nos grãos, proteína e óleo. Também posicionar quais seriam os melhores programas de tratamentos para maximizar o rendimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2014/15 na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, região fisiográfica do

Planalto Médio, situada a 695 metros acima do nível do mar, latitude $28^{\circ} 13' S$ e longitude $52^{\circ} 23' O$. O solo da área é um Latossolo Vermelho distrófico e o clima, subtropical úmido. Os dados meteorológicos foram obtidos da Estação da Embrapa Trigo em Passo Fundo, RS, situada a 1,2 km do experimento. As precipitações pluviais foram acima da média histórica para os meses de dezembro/2014 e janeiro/2015 e abaixo da média em fevereiro e março/2015. As condições ambientais foram favoráveis para a ocorrência da FAS, bem como o desenvolvimento da cultura, principalmente em sua fase inicial. Ocorreu déficit hídrico no mês de março/2015 (Figura 1).

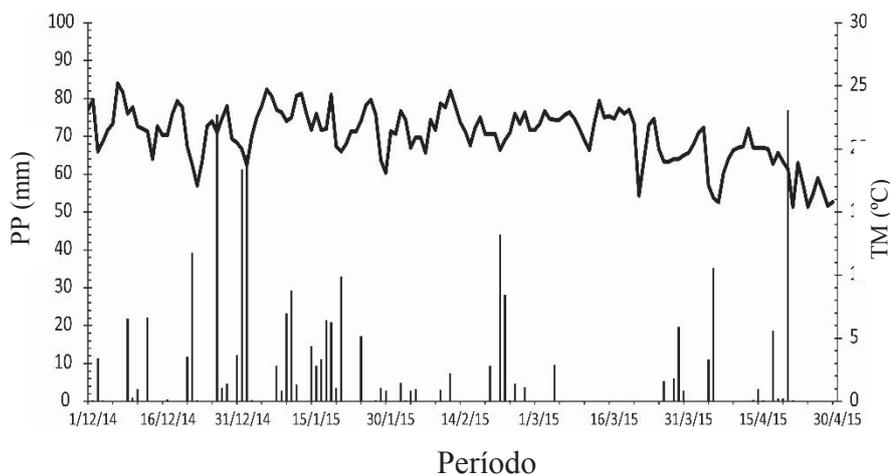


Figura 1- Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, na safra 2014/2015. Fonte: Embrapa Trigo (2016).

O solo da área estava coberto com restos culturais de trigo da safra 2014 e de milho da safra 2013/2014. O manejo de plantas

daninhas em pré-semeadura foi realizado sete dias antes da implantação da cultura com glifosato potássico e 2,4-D (1500 g e. a. ha⁻¹ + 670 g e. a. ha⁻¹). Um dia antes da semeadura, foi aplicado paraquat + diuron (400+200 g i. a. ha⁻¹). As sementes foram tratadas com abamectina, tiametoxam, fludioxonil, mefenoxana e tiabendazol (50+70+2,5+2+15 g i. a. 100 kg⁻¹ de sementes).

A semeadura foi realizada no dia 28/11/2014, utilizando-se a cultivar Syn 13561 IPRO RR2 (grupo de maturação 5.6, ciclo precoce, hábito de crescimento indeterminado, índice de área foliar de 5,1), com densidade final ajustada para 300.000 plantas ha⁻¹ ($\pm 5\%$) e espaçamento de 0,45 m entrelinhas. A adubação foi realizada conforme a análise de solo e as indicações técnicas oficiais para a cultura da soja com o uso de 15 kg. ha⁻¹ de N, 90 kg. ha⁻¹ de P₂O₅ e 45 kg. ha⁻¹ de K₂O no sulco de semeadura.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com duas aplicações de herbicidas, a primeira aos vinte dias após a semeadura com glifosato potássico e cloransulam metílico (750 g e. a. ha⁻¹ + 30 g i. a. ha⁻¹) e a segunda aplicação 15 dias após, com glifosato potássico (750 g e. a. ha⁻¹). Com a primeira aplicação de herbicida foi adicionado fertilizante foliar formulado na dose de 100 mL ha⁻¹ de produto comercial a base de Mo e Co (10+2 g ha⁻¹). Não houve necessidade de controle de lagartas. Para o controle de coleópteros e hemípteros, utilizou-se a mistura de inseticida tiametoxam e lambda-cialotrina (35,25 g i. a. + 26,5 g i. a. ha⁻¹) aplicados em V8, R5 e R6.

O gradiente de intensidade da ferrugem foi gerado por oito programas de fungicida, com variação do número, do momento das aplicações e do tipo de fungicida aplicado (Tabela 1). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram constituídas por sete linhas de seis metros de comprimento espaçadas de 0,45m, onde se utilizaram as três linhas centrais para a colheita no final do ciclo da cultura. Outra parcela pareada foi utilizada para as avaliações destrutivas, mediante a retirada de plantas nas linhas centrais.

Tabela 1- Tratamentos de fungicidas (P), épocas das aplicações, produto comercial e doses. Passo Fundo, 2016

Tratamentos	Época das aplicação			
	V7/V8 12/01/2015	R2 29/01/2015	R2+21 19/02/2015	R2+31 02/03/2015
P1	-	-	-	-
P2	PrioriXtra + Score Flexi	Elatus + ScoreFlexi	Elatus + ScoreFlexi	Elatus + ScoreFlexi
P3	PrioriXtra + Score Flexi	Elatus	Elatus	PrioriXtra
P4	PrioriXtra + Score Flexi	Elatus	Elatus	-
P5	PrioriXtra + Score Flexi	Elatus	-	-
P6	PrioriXtra + Score Flexi	-	-	-
P7	-	Elatus	Elatus	PrioriXtra
P8	-	-	Elatus	PrioriXtra

PrioriXtra: 60 g azoxistrobina + 24 g ha⁻¹ ciproconazol; Elatus: 60 g azoxistrobina + 30 g ha⁻¹ benzovindiflupir, ScoreFlexi: 37,5 g difenoconazol + 37,5 g ha⁻¹ de propiconazol. Ao PrioriXtra e Elatus foi adicionado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral parafínico 42,8%) na dose de 0,6 L ha⁻¹.

O programa 1 (P1) foi considerado controle negativo (testemunha), sem aplicação de fungicida; o programa 2 (P2) como padrão de máximo sanidade (BERGAMIN FILHO et al., 1995; CANTERI, 1998; HIKISHIMA et al., 2010).

A aplicação dos fungicidas nas parcelas foi através de equipamento portátil pressurizado com CO₂, com volume de calda de 150 L. ha⁻¹, pontas Teejet® XR 110 015, espaçadas em 0,50 m, velocidade de caminhamento de 3,6 km h⁻¹ e pressão de 1,7 bar (170 kPa), gerando gotas de categoria fina. A barra foi conduzida entre 0,40 e 0,50 m acima das plantas. As pulverizações foram realizadas sob temperaturas inferiores a 30 °C e UR > 65%. Em todas as aplicações, essas condições foram monitoradas por meio de um termo-higro-anemômetro. Os produtos foram preparados em garrafas do tipo pet de dois L seguindo a sequência de mistura: água, adjuvante Nimbus, agitação por 10 segundos, fungicida, agitação por 10 segundos. Previamente à aplicação, foi realizada nova agitação por 30 segundos.

Os índices de área foliar (IAF) foram determinados pela coleta direcionada de cinco plantas em cada parcela nos mesmos períodos de avaliações de severidade. As folhas foram removidas, sendo quantificada a área através de um integralizador digital de área foliar. O índice de área foliar (IAF) foi determinado para cada avaliação multiplicando-se a área foliar (a) em m², obtida através da média das cinco plantas, pelo número de plantas (N) por m² (IAF = a x N). Com os valores de IAF, calculou-se a duração da área foliar (DAF), variável que integraliza todas as avaliações através da equação: $DAF = \sum [(((IAF_i + IAF_{i+1}))/2) * (t_i - t_{i+1})]$; i=n; em que:

IAFi e IAFi+1 são duas avaliações realizadas nos tempos ti e ti+1, respectivamente.

A severidade da ferrugem nas parcelas (área foliar coberta com sintomas/sinais) foi estimada a partir da primeira aplicação com auxílio de escala diagramática (GODOY et al., 2006) nas mesmas amostras que foram realizadas as avaliações de área foliar. As avaliações de severidade foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja (AACFAS) (CAMPBELL & MADDEN, 1990), de acordo com a equação: $AACPFAS = \sum [(y1 + y2)/2] \times (t2-t1)$, em que: y1 e y2 são, respectivamente, a severidade foliar, nos tempos t1 e t2, que são as datas de duas leituras de severidade consecutivas. Obteve-se a área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR) pela relação entre AACPFAS e o tempo total das avaliações, que foi de 43 dias.

O índice de área foliar sadio (IAFS) foi calculado para cada avaliação utilizando a equação: $IAFS = IAF \times (1-y)$, onde y é a severidade da ferrugem da soja (%). A partir dos valores de IAFS, calculou-se a duração da área foliar (DAFS), variável que integraliza todas as avaliações IAFS pela equação: $DAFS = \sum [(((IAFSi + IAFSi+1))/2) \times (ti - ti+1)]$, em que IAFSi e IAFSi+1 são duas avaliações realizadas nos tempos ti e ti+1, respectivamente.

Para as avaliações de massa seca de grãos, foram utilizadas as mesmas plantas da determinação de área foliar a partir do estádio R5.1 (início do enchimento de grãos) até R7 (maturação fisiológica). As vagens foram coletadas e colocadas para secagem em

estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante. Posteriormente, os grãos foram extraídos das vagens para determinação da massa de grãos com uso de balança de precisão.

Após o estágio R8, foram coletadas dez plantas uniformes (não dominadas e não dominantes) por parcela para a avaliação de componentes de rendimento: número de legumes (NL), número de grão por legume (NGL) e a massa de grão (MG). No final do ciclo, as três linhas centrais de cada parcela foram colhidas mecanicamente. Os grãos foram limpos e pesados e, posteriormente, determinou-se a umidade com equipamento específico, sendo padronizada para 13% para fins de cálculo. Determinou-se a massa de 1.000 grãos em cada parcela, retirando-se uma amostra do volume colhido.

Das amostras provenientes da colheita retiraram-se alíquotas de 1,0 kg, que foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório de controle de qualidade da empresa BSBIOS/Passo Fundo para determinação dos teores de óleo (método AOCS Ac 3-44) e de proteína método do n. 46 (CBAA, 2013).

Os resultados de área foliar, severidade, desfolha, componentes de rendimento (legumes e grãos por planta e massa de grãos), rendimento de grãos foram submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$) no programa SASM-AGRI® (CANTERI et al., 2001). Os dados de DAF e DAFS foram submetidos à regressão linear. O acúmulo de massa seca de grãos por planta foi submetido à regressão não linear pelo modelo logístico pelo programa InfoStat®.

3 RESULTADOS

As condições climáticas foram favoráveis ao desenvolvimento e rendimento de grãos de soja, bem como ao desenvolvimento da FAS. A utilização de diferentes programas de tratamentos foi eficiente para gerar um gradiente de severidade da FAS a partir do estágio R2. Programas de tratamentos mais eficientes que iniciaram aplicações na fase vegetativa e continuaram até o final da fase reprodutiva apresentaram menor AACPFAS e, conseqüentemente, maior controle, refletindo em maior DAF e DAFS. Uma única aplicação na fase vegetativa praticamente se igualou à testemunha. Programas sem aplicações na fase vegetativa ou com a primeira aplicação atrasada apresentam menores controles (Tabela 2).

O rendimento de grãos foi afetado pela FAS. O dano causado na comparação do melhor tratamento (P2) e da testemunha (P1) foi de 1510 kg ha⁻¹ (34,6%) (Tabela 2). Esse efeito se deve à redução nos componentes de rendimento. Houveram diferenças significativas para o número de legumes por plantas, grãos por plantas e massa de mil grãos (Tabela 3). Verificou-se diminuição de 31 g (-18,5%) na massa de mil grãos, em conjunto com o menor número de grãos (-16,5%), que contribuiu para o menor rendimento. O maior rendimento foi obtido com programas que protegeram a cultura durante todo ciclo; sendo, na maioria das vezes, as aplicações que iniciaram na fase vegetativa e reaplicadas até o final do ciclo.

Tabela 2- Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR) (\pm desvio padrão), controle, duração da área foliar (DAF) e duração da área foliar sadia (DAFS) da cultivar de soja Syn 13561 IPRO entre o estágio R2 e R7 para diferentes programas de aplicação de fungicidas (P) na safra 14/15. Passo Fundo, 2016

Programa de fungicida	AACPFASR		DAF	DAFS
	un	Controle %*	un.	un.
P1	20,4 (\pm 1,0) a	-	144 (\pm 4) c	128 (\pm 4) b
P2	2,1 (\pm 0,4) g	89,8	177 (\pm 4) a	174 (\pm 3) a
P3	3,1 (\pm 0,2) f	85,0	166 (\pm 7) a	162 (\pm 6) a
P4	4,9 (\pm 0,5) e	76,0	176 (\pm 9) a	169 (\pm 9) a
P5	6,3 (\pm 0,6) d	69,2	176 (\pm 10) b	168 (\pm 9) a
P6	17,4 (\pm 0,4) b	14,8	156 (\pm 1) c	141 (\pm 1) b
P7	4,0 (\pm 0,2) f	80,8	169 (\pm 9) b	164 (\pm 9) a
P8	10,7 (\pm 1,5) c	47,8	145(\pm 9) c	135(\pm 7) b
CV %	8,0	-	4,5	4,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 3- Legumes por planta (\pm desvio padrão), grãos por legume, grãos por planta, massa de mil grãos do cultivar de soja Syn 13561 IPRO para diferentes programas de aplicação de fungicidas (P) na safra 14/15. Passo Fundo, 2016

Programa	Legumes /planta	Grãos/ legume	Grãos/ planta	Massa mil grãos
P1	35 (\pm 2) b	2,2 (\pm 0,1) n.s.	76 (\pm 2) b	136 (\pm 2) c
P2	40 (\pm 2) a	2,4 (\pm 0,1)	91 (\pm 3) a	167 (\pm 1) a
P3	40 (\pm 1) a	2,3(\pm 0,1)	92 (\pm 5) a	165 (\pm 5) a
P4	39 (\pm 3) a	2,3 (\pm 0,1)	91 (\pm 5) a	169 (\pm 1) a
P5	38 (\pm 2) a	2,4 (\pm 0,1)	90 (\pm 3) a	161(\pm 2) a
P6	35 (\pm 1) b	2,3 (\pm 0,1)	82 (\pm 5) b	137 (\pm 1) c
P7	40 (\pm 2) a	2,3 (\pm 0,2)	91 (\pm 6) a	165 (\pm 1) a
P8	37 (\pm 1) b	2,3 (\pm 0,1)	85 (\pm 3) b	151 (\pm 4) b
CV (%)	4,5	4,4	5,1	1,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

A FAS diminui a área foliar em função do tempo em maior proporção no P1 em comparação aos demais (Figura 2). As relações entre IAF e IAFS em razão do tempo foram significativas ($P < 0,001$). Verifica-se uma queda acentuada de área foliar na testemunha e em menor intensidade nos programas P2 e P3. Estes, ao chegarem ao estágio R7, ainda continham folhas, ao passo que na testemunha o IAF era praticamente zero (Figura 2). A FAS exerce influência na taxa diária de enchimento de grãos e no tempo de enchimento de grãos. A maior duração da área foliar sadia (Figura 3) promove maior acúmulo de massa seca nos grãos.

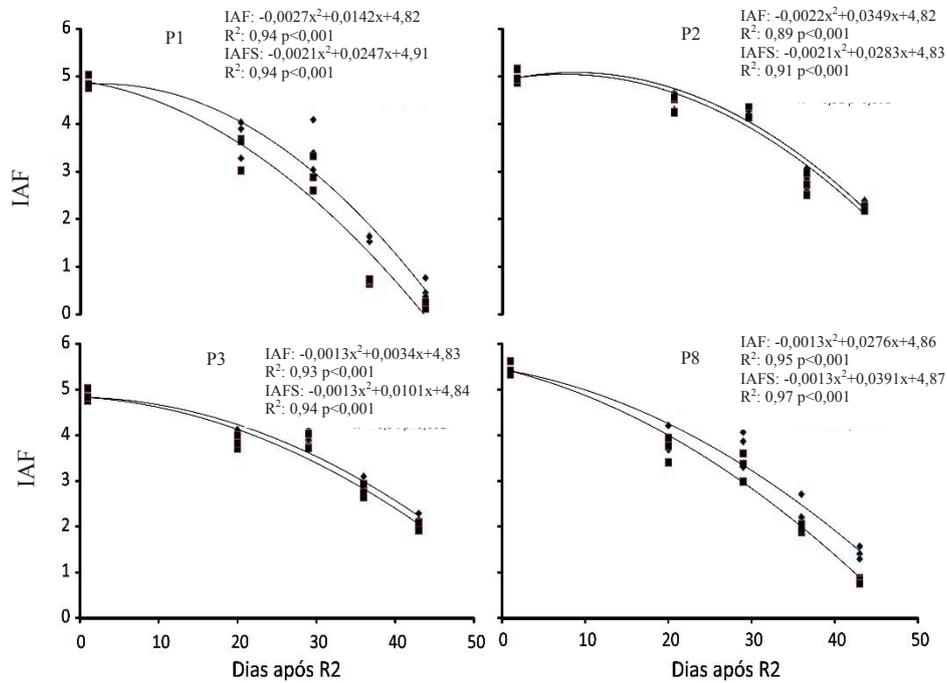


Figura 2- Índice de área foliar (IAF) e índice de área foliar sadio (IAFS) após o estágio R2 em diferentes programas de controle com fungicidas em soja cultivar Syn 13561 IPRO, na safra 2014/2015. P1: controle negativo (testemunha absoluta); P2 controle positivo; P3 programa recomendado, P8: programa sem as duas primeiras aplicações (V7 e R2). Passo Fundo, 2016.

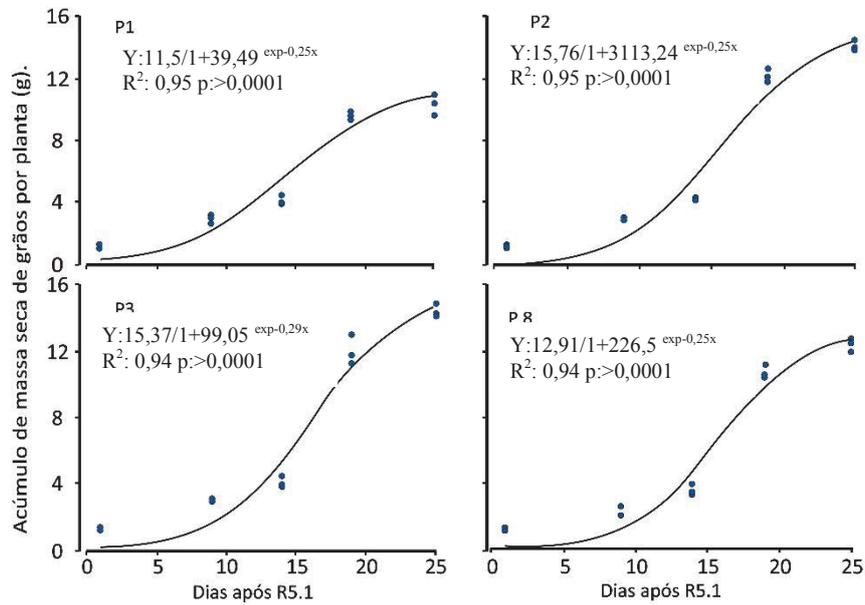


Figura 3- Acúmulo de matéria seca de grãos por planta (g) em função de diferentes programas de controle com fungicidas na cultivar Syn 13561 IPRO safra 2014/2015. Curvas ajustadas por regressão não linear modelo logístico. P1: controle negativo (testemunha absoluta); P2 controle positivo; P3 programa recomendado; P8: programa sem as duas primeiras aplicações (V e R2). Passo Fundo, 2016.

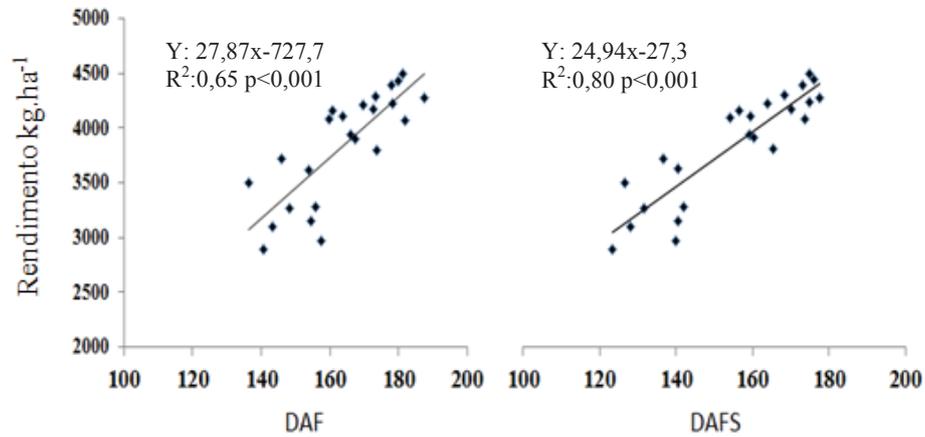


Figura 4- Relação entre duração de área foliar (DAF) e duração de área foliar sadia (DAFS) entre R2 e R7 e rendimento de grãos estimado na cultivar Syn 13561 IPRO. Passo Fundo, 2016.

Entre as características de qualidade, o teor de óleo foi o que apresentou redução (1,3%) em relação ao melhor tratamento. Não houve efeitos sobre a concentração de proteínas (Tabela 4).

Tabela 4- Rendimento de grãos (\pm desvio padrão), teor de proteína bruta e teor de óleo em grãos da cultivar de soja Syn 13561 IPRO na safra 2014/2015 em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas. Passo Fundo, 2016

Programa	Rendimento (kg.ha ⁻¹)	Proteína (%)	Óleo (%)
P1	2869 (\pm 234) c	32,7(\pm 0,2) n.s	19,6 (\pm 0,12) c
P2	4388 (\pm 168) a	32,5 (\pm 0,1)	20,9 (\pm 0,10) a
P3	4141 (\pm 275) a	33,4 (\pm 0,1)	20,7 (\pm 0,12) a
P4	4051 (\pm 357) a	33,0 (\pm 0,1)	20,8 (\pm 0,21) a
P5	3752 (\pm 372) a	32,5 (\pm 0,2)	20,9 (\pm 0,21) a
P6	3110 (\pm 226) c	32,7 (\pm 0,6)	20,2 (\pm 0,31) b
P7	3824 (\pm 306) a	32,4 (\pm 0,2)	21,3 (\pm 0,65) a
P8	3537 (\pm 120) b	32,3 (\pm 0,1)	21,2 (\pm 0,38) a
CV	7,7	1,3	1,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

Ocorreram variações de severidade e duração da área foliar em função da época da aplicação dos fungicidas (Tabela 2). Apesar de ser considerado um controle positivo que deveria ter o mínimo de severidade de doença, o P2 não conseguiu zerar. Os motivos devem-se, principalmente, ao atingimento do alvo.

Os modelos de integrais como a AACPD, que relacionam danos com variáveis que representam a totalidade de uma epidemia,

são passíveis de serem utilizados para a cultura da soja (YANG et al., 1991). Houve relação entre doença e produtividade; entretanto, a relação pode ser questionável, pois existem muitas variáveis que podem influenciar no rendimento, como cultivar, clima, solo e estádio da cultura por ocasião do início da FAS. O que melhor explica o efeito da doença sobre o rendimento é a DAF e principalmente a DAFS (Figura 4). Essas variáveis englobam o efeito do patógeno no tecido foliar (severidade) e a desfolha antecipada da doença (WAGGONER; BERGER, 1987; GODOY; CANTERI, 2004b). Fiallos (2010) determinou que a FAS é importante causa de desfolha, e o seu controle é importante para preservar a folha com vistas ao enchimento de grãos.

Quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área; portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na longevidade dos folíolos. Os danos em produtividade são o reflexo de um conjunto de efeitos que a ferrugem causa sobre a soja, como desfolha precoce, redução de área foliar e redução do acúmulo de massa seca (KUMUDINI et al., 2008). Além dos efeitos relacionados à diminuição dos fotoassimilados destinados às raízes, que indiretamente irão afetar todo o sistema da planta (absorção de água, nutrientes minerais), comprometendo indiretamente também a eficiência fotossintética da área foliar remanescente (TAIZ & ZIEGER, 2004).

Variações na área foliar sadia (Figura 2), causadas pela FAS, interferem no acúmulo de massa seca (Figura 3), nos

componentes de rendimento, no rendimento e no teor de óleo a qualidade de grãos de soja (% de óleo). O melhor controle da FAS promoveu a manutenção dos principais componentes de rendimento da cultura (Tabela 4) .

Diferenças significativas de rendimentos ocorrem em virtude da aplicação de fungicidas (NAVARINI et al., 2007). Nesse estudo, as aplicações de fungicida influenciaram o componente do rendimento relacionado à massa dos grãos.

Ocorreu diminuição significativa ($p < 0,05$) do número de legumes por planta, o que repercutiu no número de grãos por plantas (Tabela 3). A ocorrência de doenças compromete o crescimento das plantas no período crítico e a partição de fotoassimilados até os grãos (KANTOLI & CARMONA, 2012). Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, maior a redução de rendimento e de qualidade. A explicação para isso pode estar no fato de que um dos principais componentes de rendimento afetados pela ferrugem é a massa do grão (COSTAMILAN et al., 2002) e o número de legumes por planta causado pela menor área foliar fotossintética (OGLE et al., 1979; YANG et al., 1991). A massa de mil grãos variou em cerca de 25% na comparação entre os melhores tratamentos e a testemunha. Yang et al. (1991) relataram diferenças entre 40 e 80%. Os coeficientes de correlação entre massa de mil grãos foram de 0,83 e 0,91 para DAF e DAF respectivamente ($p \leq 0,05$).

Porém, ressalta-se que o rendimento está ligado ao aproveitamento da radiação e não está associado intimamente à

severidade de doença. Kumidini et al. (2008) verificaram que a AACPD e a DAF depois do estágio R2 influenciaram na absorção de radiação, mas não teve alta associação com a variação de rendimento. Os autores sugeriram que outros mecanismos podem estar envolvidos, como a perda de folhas e resultam na redução de absorção de radiação solar incidente e na redução de área foliar verde. A ferrugem também reduz a eficiência de uso da radiação, que poderia ser convertida em energia resultando em menor acúmulo de massa seca.

Segundo Calaça (2007), a variável que mais se correlaciona com o rendimento é a absorção da radiação solar pela área foliar sadia (AAFS). Koga et al. (2007) verificaram efeitos da FAS sobre a eficiência do uso da radiação (EUR) em nível de campo. Godoy et al. (2007) avaliaram o efeito da FAS, analisando o tecido teoricamente sadio ao redor das lesões com medidor de trocas gasosas a campo. Os valores de lesão virtual variaram de 2,5 a 4,5 vezes o tamanho da lesão visível, o que pode se esperar um efeito deletério maior do que simplesmente o que seria esperado pela redução de área foliar. Isso pode indicar que nem sempre ocorrem relações entre intensidade de doença e danos em rendimento. No caso deste trabalho, os coeficientes de correlação entre rendimento e AACPFASR, DAF, DAFS foram de -0,97; 0,80; 0,89 respectivamente ($p \leq 0,05$).

As taxas de crescimento de legumes e de acúmulo de massa seca pelos grãos são relativamente lentas, entre 25 a 35 dias após o florescimento. A partir desse período, tornam-se rápidas e as vagens e grãos vão perdendo a coloração verde. Conforme a massa

seca é transferida para os grãos, ocorre senescência (amarelecimento) e queda de folhas (SANTOS, 2008). A produção de biomassa está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida pelas folhas, bem como à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese (RADIN et al., 2003).

A fotossíntese líquida, mais precisamente, será alocada nos grãos, por isso a abscisão foliar prematura pode ser um problema muito sério. Ocorre maior acúmulo de massa seca nos grãos com o aumento do período de enchimento de grãos (TEIXEIRA et al., 1985). A partir do momento em que a planta inicia a sua atividade fotossintética começa a adquirir e acumular massa seca na haste principal, ramificações, folhas e pecíolos. Com o decorrer dos estádios fenológicos, há um aumento da área foliar, a qual aumenta a interceptação de luz. A massa seca é diretamente proporcional à interceptação e absorção de luz até o limite de área foliar crítico (SHIBLES et al., 1975). Observa-se um diferencial de IAF e IAFS dependendo do programa usado. Tratamentos que conseguiram efetivo controle (> 90), no caso do P2 e P3, mantiveram maior IAFS (Figura 3).

O acúmulo de massa seca nas plantas de soja é crescente até o final do período R6 e os grãos atingem seu máximo de acúmulo de massa seca no estágio R7 (LAZARINI et al., 2000). Logicamente esse tempo é variável entre cultivares, época de semeadura e clima. O acúmulo de massa seca pelos grãos evolui para o máximo volume das

mesmas, quando são observadas nas vagens totalmente preenchidas por grãos de coloração verde.

Devido à localização relativamente tardia no ciclo do período crítico, torna-se necessário controlar o estado sanitário da cultura até a maturação (KANTOLIC & CARMONA, 2012). Esse fato é observado neste ensaio, no qual os programas de tratamentos que não protegeram a cultura por todo ciclo tiveram redução no rendimento (Figura 4).

Conhecer a curva de ganho de massa dos grãos entre os estádios R5 e R7 é importante para orientar os posicionamentos dos tratamentos, em termos de controle. A cultivar Syn 13561 IPRO, por ser precoce, tem seu enchimento de grãos em 25 dias. Com relação ao acúmulo de massa seca no grão (Figura 3), observa-se uma curva não linear que se ajustou bem ao modelo logístico ($R^2 > 94$, $p < 0,0001$). O enchimento de grãos inicia lentamente (até 10 dias) e posteriormente aumenta rapidamente, voltando a diminuir essa taxa na fase mais final. Observa-se que na testemunha (P1), na fase final, não há mais acúmulo de massa seca, devido à desfolha antecipada.

Verifica-se maior relação entre rendimento de grãos com a DAFS (R^2 : 0,80) do que com a DAF (R^2 : 0,65), apesar de ambos serem significativos (Figura 4). A duração da área foliar sadia (DAFS) durante a fase reprodutiva apresenta relação com o rendimento de grãos e tem influência da cultivar, do fungicida usado e da época de aplicação (ALÉSSIO, 2008). O período crítico para a formação do enchimento de grãos está relacionado com a fotossíntese líquida da cultura, entre os estádios R1 e R6. A diminuição da massa de grãos

está associada ao encurtamento do período de enchimento. À medida que o ciclo da cultura avança, cada vez é mais difícil compensar o número de grãos com a massa de grãos. As restrições na fotossíntese podem comprometer a disponibilidade de assimilados por grão, reduzindo a sua taxa ou duração de enchimento (KANTOLIC & CARMONA, 2012). O número e a massa de mil grãos foram afetados significativamente em função do controle (Tabela 3).

Uma desfolha precoce e severa afeta o número e o peso de grãos, ocasionando danos maiores em relação a uma desfolha leve e tardia, que afeta somente o peso dos grãos e produz danos menores (YANG et al., 1991; KANTOLIC & CARMONA, 2012). Fiallos (2010) verificou que o controle das doenças da soja com aplicações de fungicidas influenciou mais na massa de grãos e não teve influência no número de legumes ou grãos por planta. Fato esse devido à ocorrência mais tardia da doença.

Além do dano quantitativo em rendimento, podem ocorrer perdas de qualidade. Verificou-se diminuição significativa no teor de óleo na comparação dos melhores tratamentos e a testemunha (Tabela 4). Tal quantificação foi relatada também por Ogle et al. (1979), que verificaram redução no teor de óleo, mas não no teor de proteína. A correlação entre o de proteína e AACPFASR ($r= 0,15$), DAF ($r= 0,18$) e DAFS ($0,18$) não foi significativo. Já para o teor de óleo sim, $r= -0,79$; $r=48$; $r:0,58$ respectivamente.

Programas de aplicações que tiveram a sua primeira aplicação atrasada ou os programas que terminaram muito cedo tiveram seu rendimento comprometido em função da menor DAFS

(Tabelas 3 e 4). Os coeficientes de correlação entre DAFS e legumes por planta, grãos por planta e massa de mil grãos foram de 0,76; 0,84 e 0,83 respectivamente ($P \leq 0,05$), indicando que o número de legumes por planta e o número de grãos são influenciadores do rendimento, em que a maioria dos casos extrapola-se somente para a massa de mil grãos. A aplicação de fungicida para controle de FAS quando realizada mais cedo resulta em maior IAF, contribuindo com a massa de grãos (FIALLOS, 2010). Observa-se que os programas de tratamentos que não protegeram a cultura por todo ciclo tiveram redução no rendimento. Esse fato pode ser explicado pela localização relativamente tardia no ciclo do período crítico, torna-se necessário controlar o estado sanitário da cultura até a maturação (KANTOLIC & CARMONA, 2012). De maneira geral, sob condições favoráveis para a FAS, as aplicações de fungicidas na cultura da soja devem iniciar cedo (estádios vegetativos) e contemplar toda a fase reprodutiva.

A decisão sobre o momento correto da aplicação do controle químico é fundamental para a eficiência do tratamento, visto que atrasos na adoção de medidas de controle podem torná-lo tão ineficaz quanto à ausência de aplicações (CALAÇA, 2007). Por mais eficientes que sejam os fungicidas utilizados no controle da ferrugem da soja, ainda existem alguns pontos críticos, como o momento ideal para início da aplicação, o que pode comprometer os resultados (GODOY et al., 2007a). O efeito do controle curativo de fungicidas pode ser reduzido com o atraso da aplicação após a inoculação (GODOY & CANTERI, 2004a; VIERO & FORCELINI, 2007).

Em síntese, as variações na área foliar e na duração da área foliar sadia da soja, causadas pela FAS, interferem no acúmulo de massa seca, nos componentes de rendimento e no rendimento da cultura da soja. Para a obtenção de máximos rendimentos, é importante a duração da área foliar sadia por mais tempo. O dano na situação do experimento, comparando P1 e P2, foi de 36%. Existem relatos de danos variando de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde a FAS foi relatada (HARTMAN et al., 1999; SOARES et al., 2004).

Maiores estudos devem ser realizados visando contemplar diferentes ciclos de cultivares, hábitos de crescimento, além de cultivares que tenham resistência genética para a FAS. Maiores detalhamentos também são importantes com relação a estudo relacionando a duração da absorção da área foliar sadia e as curvas de acúmulo de massa seca no grão e danos no rendimento.

5 CONCLUSÕES

Variações na duração da área foliar sadia da soja, causadas pela ferrugem-asiática, interferem no acúmulo de matéria seca, nos componentes de rendimento, no rendimento e na qualidade de grãos da cultura soja.

Os tratamentos que protegem a cultura durante o ciclo proporcionam a maximização do rendimento de grãos de soja.

CAPÍTULO II

CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM CULTIVAR DE SOJA RESISTENTE E SUSCETÍVEL, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

LAÉRCIO LUIZ HOFFMANN¹

RESUMO – A ferrugem-asiática-da-soja é a principal doença foliar da cultura. A suscetibilidade dos cultivares, o índice de área foliar, o espaçamento entrelinhas e a barreira física das folhas superiores à penetração das gotas das pulverizações influenciam a dinâmica da FAS e seu controle nos estratos inferiores. Neste trabalho, com três experimentos no campo em Passo Fundo, RS, nas safras 2013/14 e 2014/15, avaliou-se o controle da FAS sob diferentes sistemas de aplicação de fungicida (convencional, Dropleg® e Vortex® em 2013/14; convencional e Dropleg® em 2014/15), espaçamentos entrelinhas de cultivo (0,17; 0,34 e 0,51 m) e cultivares de soja (Syn 1365RR, resistente à FAS, e Syn 1363RR, suscetível). Em outro experimento, com a cultivar Syn 1371 IPRO e o sistema Dropleg®, avaliou-se a distribuição de doses de fungicida no dossel das plantas. Um terceiro trabalho utilizou um marcador fluorescente para avaliar a

¹ Eng. Agrônomo, mestre, aluno do doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia.

cobertura e o depósito de fungicida na cultivar BMX Ativa RR. Não houve efeito do espaçamento na intensidade da FAS, apenas no rendimento de grãos, em que 0,17 m e 0,34 m foram superiores a 0,51 m. O sistema Dropleg® proporcionou melhor distribuição e cobertura nos estratos inferiores da soja, porém o controle da doença e o rendimento foram inferiores ao convencional. Para o mesmo ser similar ao convencional, foi necessário acrescentar a dose do fungicida em 50%. A cultivar resistente à ferrugem também mostrou diferença em produtividade com o controle químico.

Palavras-chave: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, fungicida, Dropleg®, marcador

ASIAN RUST CHEMICAL CONTROL IN RESISTANT AND SUSCEPTIBLE SOYBEAN CULTIVAR, UNDER DIFFERENT CROP ROW SPACES AND FUNGICIDE SPRAY SYSTEMS

ABSTRACT – The asian soybean rust is the most important foliar disease of soybeans. The susceptibility of soybean cultivars, their leaf area index, the crop row space, and the barrier to fungicide deposition provided by upper leaves may affect FAS intensity and its control on lower plant canopy. In this research with three field trials at Passo Fundo/RS, in 2013-14 and 2014-15, the Asian soybean rust control was evaluated under different spray systems (conventional, Dropleg®, and Vortex® in 2013/14; conventional and Dropleg® in 2014/15), crop row spaces (0.17; 0.34 and 0.51 m), and soybean cultivars (Syn

1365RR, resistant to FAS, and Syn 1363RR, susceptible). Another trial with the cultivar Syn 1371 IPRO and the Dropleg system was designed to assess fungicide distribution on plant canopy using variable fungicide rates. A third trial included a fluorescent marker to evaluate fungicide deposition on leaves of the soybean cultivar BMX Ativa RR. Row space did not influence FAS severity, however seed yield was higher at 0.17 m and 0.34 m than 0.51 m. Although the Dropleg system promoted better fungicide distribution on lower canopy, the overall disease control and yield were lower compared to the conventional spray system. Dropleg required 50% more fungicide to be similar to conventional. The seed yield by the resistant cultivar Syn 1365RR was also improved by chemical control of Asian rust.

Keywords: fungicide, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, Dropleg®, resistant cultivar, marker.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill,) é a cultura mais importante para a economia brasileira. Na safra 2014/2015, a área semeada superou 32 milhões de hectares (CONAB, 2016). A principal doença da cultura é a ferrugem-asiática-da-soja (FAS) causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow e foi identificada no Brasil durante a safra 2000/01, causando perdas próximas a 20 bilhões de dólares considerando o custo de controle e os danos (YORINORI, 2014; GODOY et al., 2016). Os danos variam de 10 a 90% (SOARES

et al., 2004; HARTMAN et al., 1999) e são dependentes de cultivar e intensidade de doença (DANELLI et al., 2015).

Várias são as estratégias de controle para FAS (LANGENBACH et al., 2016). A estratégia mais conveniente e econômica no controle de doenças é o uso de da resistência genética, mas, no caso da soja, existem poucas opções de cultivares resistentes. Trabalhos têm sido desenvolvidos de maneira a incorporar essa estratégia de controle para facilitar o manejo dessa doença (TWIZEYAMANA et al., 2007; ARIAS et al., 2008; PIEROZZI et al., 2008).

Métodos culturais de controle também visam minimizar o impacto da FAS, como a semeadura no início da época preferencial, cultivares de ciclo precoce e mudança no espaçamento entrelinhas. Os espaçamentos mais utilizados no Brasil variam de 0,40 a 0,50 m entrelinhas. Em nível de campo, observam-se ganhos de produtividade com espaçamentos menores. Em espaçamento reduzido, há um sombreamento mais rápido das entrelinhas, ocorrendo maior interceptação da radiação solar e a manutenção do índice de área foliar (IAF) e menor competição intraespecífica (RAMBO, 2004).

Maior espaçamento entrelinhas de cultivo pode resultar em menor severidade da ferrugem e também permite melhor distribuição do fungicida durante a aplicação, facilitando o manejo da doença. Sob o ponto de vista epidemiológico, o fechamento das linhas mais precoce propicia uma menor circulação de ar, a elevação da umidade e prolonga o molhamento da superfície foliar. Esses fatores favorecem a incidência de doenças capazes de afetar a produtividade

(COSTA et al., 2002; PEREIRA et al., 2005; ZAMBOLIM, 2006; MADALOSSO, 2007; FERREIRA, 2009; MADALOSSO et al., 2010).

O uso de fungicidas reduz os danos, resultando em maior área foliar sadia (AFS) durante o enchimento de grãos, o que influencia diretamente sobre componentes de rendimento (GODOY et al., 2009; GODOY et al., 2015). De modo geral, a uniformidade de distribuição da calda, proporcionada pelas aplicações terrestres e aéreas, avaliada ao longo do dossel da soja, é baixa, sendo necessárias estratégias que incrementem a deposição, principalmente na parte inferior da cultura (CUNHA et al., 2014). Existe uma distribuição irregular de produtos no dossel inferior e internamente na planta, o que constitui uma das principais causas de baixa eficiência no controle da FAS (BOSCHINI et al., 2008; CUNHA et al., 2011), sendo necessário buscar estratégias que incrementem a deposição de gotas da pulverização nesse estrato do dossel (CUNHA et al., 2010a; CUNHA et al., 2011).

Os principais sistemas auxiliares para barras de pulverização são o sistema Vortex® (cortina de ar), sistema de cortina de correntes, similares aos abridores de copa. O sistema Dropleg® ainda não foi testado na cultura da soja. Trata-se de um sistema similar a uma bengala invertida, em que as pontas espaçadas em 0,50 m penetram no interior do dossel da cultura e seus jatos são direcionados de baixo para cima, buscando atingir diferentes partes no interior do dossel das culturas. Segundo Ruegg & Total (2013), seu uso é aplicável em várias culturas de fileiras. Essa tecnologia

apresenta maior eficácia biológica para pragas e doenças localizadas em partes de difícil acesso da planta como o dossel inferior.

Para os fungicidas em soja, que possuem baixas ou nenhuma mobilidade, é extremamente importante a cobertura foliar, sendo que o aumento do volume de calda possui efeito positivo sobre essa característica (CUNHA, 2006). Para obtenção de ganho operacional, existe a tendência de redução de volumes de calda ($<70 \text{ L.ha}^{-1}$) (PASTORELLO et al., 2014). Essa técnica aumenta o risco de diminuir o controle das doenças da soja (. Vários trabalhos mostram o efeito positivo em controle e rendimento por ocasião do uso de maiores volumes ($100\text{-}150 \text{ L.ha}^{-1}$) (ROEHRIG et al., 2016; CECHI, 2016; POVH & ANJOS, 2015; HOFFMANN et al., 2015; CUNHA et al., 2014).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar se existe influência da redução do espaçamento entrelinhas, de sistemas de auxílio à barra de pulverização e da resistência genética de cultivares no controle da FAS e no rendimento de grãos da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2013/14 e 2014/15 na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, região fisiográfica do Planalto Médio, situada a 695 metros de altitude, latitude $28^{\circ} 13' \text{ S}$ e Longitude $52^{\circ} 23' \text{ O}$, apresentando solo Latossolo

Vermelho Escuro distrófico, textura tipo 3 ($\geq 35\%$ argila) e clima subtropical úmido.

Os dados meteorológicos (Figuras 1 e 2) foram obtidos da Estação da Embrapa Trigo em Passo Fundo, RS, situada a 1,2 km do experimento. Em ambas as safras, as precipitações pluviais e a temperatura foram suficientes ou excederam o mínimo necessário para o desenvolvimento adequado da cultura, bem como favorável à FAS.

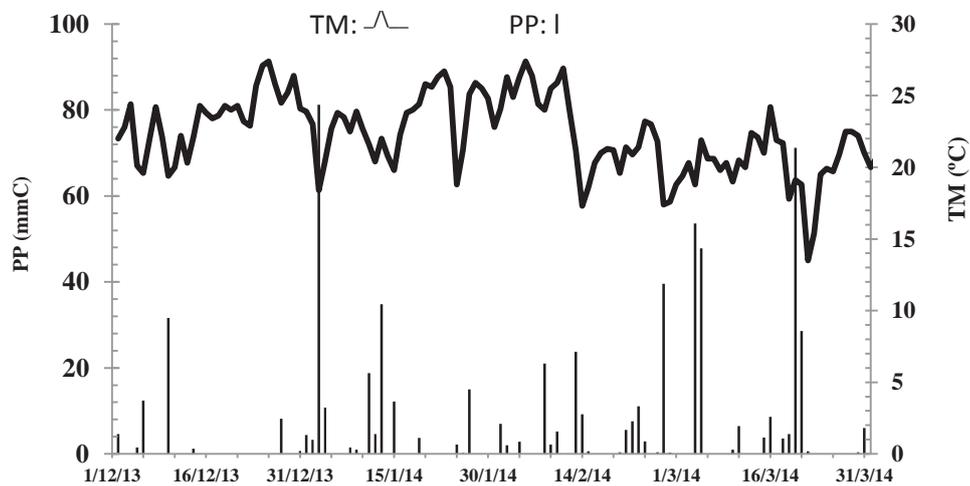


Figura 1- Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, na safra 2013/2014. Fonte Embrapa Trigo, 2016.

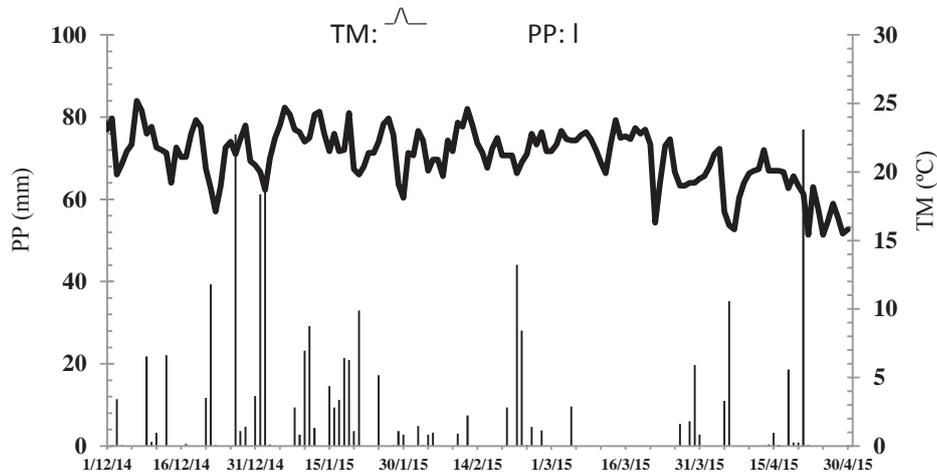


Figura 2- Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, na safra 2014/2015. Fonte Embrapa Trigo, 2016.

Experimento 1: Comparação de mecanismos auxiliares de barra, espaçamentos entrelinhas e cultivares suscetível e resistente à FAS nas safras 2013/14 e 2014/15

Os experimentos foram conduzidos sob área de monocultivo de soja das safras anteriores e sob restos culturais de aveia preta. O manejo de plantas daninhas em pré-semeadura foi realizado de maneira antecipada com glifosato potássico e 2,4-D ($1500 \text{ g e. a. ha}^{-1} + 670 \text{ g e. a. ha}^{-1}$). Um dia antes da semeadura, foi aplicado paraquat + diuron ($400+200 \text{ g i. a. ha}^{-1}$). Os grãos foram tratados com abamectina, tiametoxam, fludioxonil, mefenoxana e tiabendazol ($50+70+2,5+2+15 \text{ g i. a. } 100 \text{ kg}^{-1}$ de grãos). A adubação foi conforme a análise de solo e as indicações técnicas oficiais para a cultura da soja, distribuindo-se 8 kg ha^{-1} de N, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 80

kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de semeadura distribuídos no espaçamento de 0,17 m entrelinhas.

Foram usadas duas cultivares de soja: Syn 1363 RR (suscetível à FAS, grupo de maturação relativa 6.3; ciclo médio, hábito de crescimento indeterminado, porte ereto, IAF 5,0 estatura de 1,1 m,) e Syn 1365 RR (resistente a FAS, grupo de maturação 6.5, ciclo médio; hábito de crescimento indeterminado, porte ereto, IAF 5,0, estatura de 1,05 m), com densidade ajustada para de 300.000 (± 5%) plantas por hectare para ambas as cultivares, sendo que cada uma constituiu um ensaio independente. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas com três repetições.

As parcelas principais eram constituídas pelos diferentes espaçamentos: 0,17; 0,34 e 0,51 m entrelinhas. As parcelas continham aproximadamente 3,0m de largura por 7,0 m de comprimento (18 linhas de 0,17 m; 9 linhas de 0,34 m; 7 linhas de 0,51 m), as quais foram implantadas com uma semeadora Semeato PD 21 equipada com dosadores de precisão (pipoqueiras) espaçadas em 0,34m sobre dois tubos (frontal e traseiro) posicionadas de forma intercalada. Os espaçamentos foram alocados na parcela principal e os sistemas de aplicação nas subparcelas. Na safra 2013/2014, a semeadura foi realizada em 20/12/2013 e na safra 2014/2015, dia 05/12/2014, constituindo os períodos 35 e 34 do zoneamento agroclimático respectivamente (BRASIL, 2012).

Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura foi realizado com duas aplicações de glifosato potássico (750 g e. a. ha⁻¹), sendo a primeira aos vinte dias após a semeadura e a

segunda aplicação 15 dias após. As lagartas foram controladas com o inseticida clorantraniliprole e lambdacialotrina ($7,5 + 3,75 \text{ g i. a. ha}^{-1}$), aplicado conforme a necessidade. Para o controle de coleópteros e hemípteros, foi utilizada a mistura de inseticida tiametoxam e lambdacialotrina ($35,25 \text{ g i. a. ha}^{-1} + 26,5 \text{ g i. a. ha}^{-1}$) aplicado conforme a necessidade. Na fase vegetativa (V6-V7), foi pulverizado o fungicida difenoconazole e propiconazole ($37,5 \text{ g} + 37,5 \text{ g ha}^{-1}$), com a barra convencional, ponta LU 110 02, 150L.ha^{-1} de calda, gota média, em toda a área do experimento, exceto nas testemunhas.

Os sistemas de pulverização comparados foram: cortina de ar Jacto Vortex®, o sistema Dropleg® e o sistema convencional (Tabela 1). O sistema Vortex® é constituído por uma turbina acionada por um motor hidráulico, que gera um deslocamento de ar o qual é conduzido para as barras por meio de dois tubos de lonas e liberado em direção ao dossel das plantas através de orifícios justapostos. A quantidade (velocidade de saída) do ar é variável dependendo da rotação da turbina.

O sistema Dropleg® é um conjunto de tubos flexíveis de 0,9 m de comprimento, que contém uma curvatura similar a uma bengala na extremidade inferior, onde se encontram capas de bicos multijet direcionadas para cima. Existe uma válvula com sistema de diafragma para evitar escorrimento que se ajusta oscilando lateralmente nas entrelinhas da cultura. Na extremidade superior, há uma mangueira flexível para ser inserida na porta bicos. O tubo de 0,90 m de comprimento é fixado na barra de pulverização por meio de um suporte metálico, sendo espaçado a cada 0,5 m. Nesse sistema, as

gotas são aspergidas de baixo para cima, mantendo-se as pontas de pulverização convencionais nas barras para as aplicações de cima para baixo.

Tabela 1- Sistemas empregados para as aplicações, ponta, volume, velocidade pressão. Passo Fundo, 2016

Tratamentos	Descrição
1 Testemunha	Sem aplicação de fungicida
2 Convencional	Volume de 130 L ha ⁻¹ , pontas de jato plano LU 120 02 na parte superior barra, gota fina (0,65 L.min ⁻¹).
3 Vortex®	Volume de 130 L ha ⁻¹ , pontas de jato plano LU 120 02 (0,65 L.min ⁻¹); gota fina, velocidade do vento na cortina de ar* de 12 a 15 km.h ⁻¹ ; direção perpendicular ao solo.
4 Dropleg®	Volume de 65 L ha ⁻¹ na parte superior, pontas de jato plano LU 120 01, 0,32 L min ⁻¹ na parte superior da barra, gota fina combinado com pontas cone 80, na extremidade da haste flexível (0,32 L min ⁻¹), gota fina.

Pontas LU: ponta plástica de uso universal, fabricante Lechler, velocidade de deslocamento de 6 km.h⁻¹, pressão de 2,0 bar;* velocidade do vento medido a 0,5 m da saída de ar. Gota fina: 106 a 235 µm (ASAE, S572.1).

As pulverizações foram realizadas com pulverizador montado Jacto Falcon AM 14 com sistema Vortex®, com barra equipados com porta bicos espaçados em 0,25m. Os tratamentos comparados foram pulverizados nas três aplicações da fase reprodutiva da soja. No estágio R1/R2 e R2+18-21 dias, utilizou-se o fungicida azoxistrobina mais benzovindiflupir (60 g + 30 g ha⁻¹); na aplicação de R2+ 30 dias (03/03/2015), foi usado azoxistrobina +

ciproconazol (60 g + 24 g ha⁻¹). Na calda foi adicionado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral parafínico 42,8%) 600 mL p.c. ha⁻¹. Entre as trocas de tratamentos, aguardava-se a estabilização da pressão e a uniformização dos jatos pulverizando-se sobre a bordadura do experimento. As aplicações foram realizadas no final da tarde, com temperaturas inferiores a 30 °C e umidade relativa superior a 60%, as quais foram monitoradas por um termo-higro-anemômetro digital.

A severidade da FAS foi estimada a partir de cinco plantas por parcela, desde a primeira aplicação com auxílio de escala diagramática (GODOY et al., 2006). Foram realizadas seis avaliações de severidade. As mesmas foram integralizadas como área abaixo da curva de progresso da ferrugem-asiática-da-soja (AACFAS) (CAMPBELL & MADDEN, 1990), de acordo com a equação: $AACPFAS = \sum [(y1 + y2)/2] \times (t2-t1)$, em que: y1 e y2 são, respectivamente, a severidade foliar, nos tempos t1 e t2, que são as datas de duas leituras de severidade consecutivas. Obteve-se a área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR) dividindo a AACPD pelo tempo entre a primeira e a última avaliação em cada tratamento. Para avaliação de desfolha, foi usada a escala de Hirano et al. (2010) no ponto em que a testemunha atingiu próximo a 90%.

No final do ciclo, a área central das parcelas foi colhida mecanicamente. Os grãos foram limpos e pesados e, posteriormente, determinou-se a umidade com equipamento específico, sendo padronizada para 13% para fins de cálculo. Determinou-se a massa de

1.000 grãos em cada parcela, retirando-se uma amostra do volume colhido.

Os resultados de severidade, AACPFASR, desfolha, rendimento e massa de mil grãos foram submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$) no programa SASM-AGRI® (CANTERI et al., 2001).

Experimento 2: Variações de doses de aplicação com o sistema auxiliar Dropleg

O experimento foi conduzido na safra 2014/2015 com a mesma metodologia de condução/manutenção do experimento 1 com a cultivar Syn 13671 IPRO (grupo de maturação relativa 6.3; ciclo médio, hábito de crescimento indeterminado, porte ereto, IAF 5,3; estatura de 1,1 m, suscetível à FAS) conduzida no espaçamento de 0,17 m entrelinhas.

As pulverizações foram realizadas com pulverizador montado Jacto Falcon AM 14 com sistema Vortex®, com velocidade operacional de 6,0 km h⁻¹ com diferentes tratamentos (Tabela 2).

Os tratamentos foram pulverizados nas três aplicações da fase reprodutiva da soja. No estágio R2 (02/02/2015) e R2+18 (20/02/2015) dias, usou-se o fungicida azoxistrobina mais benzovindiflupir (60 g + 30 g ha⁻¹); na aplicação de R2+ 30 dias (03/03/2015), foi usado azoxistrobina + ciproconazol (60 g + 24 g ha⁻¹). Na calda foi adicionado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral parafínico 42,8%) na dose de 600 mL p.c. ha⁻¹. As avaliações de

severidade, AACPFASR, controle, desfolha, rendimento e a massa de 1.000 grãos seguiram a mesma metodologia do ensaio 1.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos comparados na safra 2014/2015 em soja cultivar Syn 13671 IPRO. Passo Fundo, 2016

Tratamento	Dose	Sistema de pulverização	Volume/Dose		
			De cima p/ baixo L ha ⁻¹ / % de dose		De baixo p/ cima L ha ⁻¹ / % de dose
T1	Test.	-	-		-
T2 ¹	50/0	Dropleg	65 /50	+	zero
T3	50/50	Dropleg	65/50	+	65/50
T4	75/75	Dropleg	65/75	+	65/75
T5	100/100	Dropleg	65/100	+	65/100
T6*	100/0	convencional	130/100	+	zero

¹ aplicação de 50% da dose do fungicida, com 65L.ha⁻¹, de cima para baixo mantendo as hastes do dropleg. * Aplicação padrão com 100% da dose de fungicida e 130L.ha⁻¹. Dose 100%: azoxistrobina + benzovindiflupir (60 g + 30 g ha⁻¹) na primeira e segunda aplicação; azoxistrobina + ciproconazol (60 g + 24 g ha⁻¹) na terceira aplicação. Velocidade de deslocamento de 6 km.h⁻¹, pressão de 2 bar.

Os resultados de severidade, AACPFAS, AACPFASR, desfolha, rendimento e massa de mil grãos foram submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste de Scott Knott (p≤0,05) no programa SASM-AGRI® (CANTERI et al., 2001).

Experimento 3: Avaliação de depósitos e cobertura em diferentes sistemas de pulverização

O experimento foi conduzido com soja cultivar BMX Ativa RR (hábito de crescimento detereminado, G.M. 5.6, porte ereto, ciclo precoce, 0,9 m de estatura, suscetível à FAS) na área experimental da FAMV/UPF na safra 2015/2016 com espaçamento de 0,45 m entrelinhas com população de 30,7 plantas m⁻². No estádio R 5.3 (IAF: 5,7), realizaram-se as aplicações dos mesmos tratamentos do experimento 1 (Tabela 1).

A calda de pulverização foi composta por um volume de água de 130 L ha⁻¹, adjuvante óleo mineral parafínico (42,8%) na dose de 0,6 L ha⁻¹ e marcador fluorescente (Helios SC 500™, Syngenta) na dose de 0,1% v/v (65 mL ha⁻¹). Este adjuvante é exclusivo para uso interno em ensaios de tecnologia de aplicação da Syngenta, não havendo disponibilidade no mercado.

As aplicações ocorreram no dia 08/02/2016 entre as 18h35min e 19h, temperatura média de 25 °C, 73% de umidade relativa e vento entre 1,1 a 5 km h⁻¹. As parcelas eram constituídas de 20 m de comprimento e 3 m de largura.

Para análise de depósito, foram coletadas 24 plantas, ao acaso de cada tratamento, nos 5,0 m centrais da parcela. Cada planta constituiu uma repetição, as quais foram subdivididas em 3 níveis (superior: 0-25 cm do ápice; intermediário: 26-50 cm; inferior: mais que 50 cm do ápice). Foram separadas as folhas, hastes e legumes em seus respectivos níveis, descartando-se as legumes. A área foliar foi determinada através de um integralizador de área foliar Licor® 3000.

Para a determinação da área foliar, as amostras foram pesadas e a área calculada por um fator área-peso previamente determinado na testemunha. O marcador foi extraído através de lavagem com isopropanol (250 mL por amostra) adicionado em sacos plásticos de 5,0 L e agitados por 30 segundos. Uma alíquota de 1,0 mL foi retirada e analisada com o auxílio de um fluorímetro (Fluorímetro 96™, Novartis) num comprimento de onda de 375 nm. A calda padrão-base foi coletada no início e no final da operação de pulverização para a verificação da concentração do marcador. Essas amostras foram analisadas e comparadas com uma curva de concentração padrão. Os dados de depósitos obtidos do material vegetal foram expressos em $\text{ng}\cdot\text{cm}^{-2}$ e os resultados calculados como depósito normalizado (DN) ($\text{ng}\cdot\text{cm}^{-2}$) / ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$), relacionados com a concentração inicial do traçador (calda padrão-base), permitindo comparações entre os diferentes tratamentos.

Para avaliação de cobertura, foram coletadas 30 folhas, selecionadas cinco plantas as quais foram estratificadas em 3 níveis: superior (S): 0-25 cm; mediano (M): 26-50 cm; inferior (I): mais que 50 cm), analisando-se através de imagens com resolução de 7,0 megapixels obtidas sob luz UV nas duas faces das folhas (abaxial e adaxial) e calculado com um software de análise de imagem (FluorSoft™).

Os dados foram analisados pelo programa Infostat para ANOVA e demonstrados na forma de *box plot*, com a indicação de média, mediana, ± 1 desvio padrão, intervalo de confiança e *outliers*.

3 RESULTADOS

Nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, houve condições climáticas para a cultura expressar seu potencial produtivo, bem como ser favorável à FAS. Ocorreram manchas foliares e oídio em severidades menores que 3% e foram desconsideradas. Para a safra 2014/2015, ocorreu déficit hídrico no mês de março, mas não se verificou dano expressivo ao potencial produtivo.

Para ambas as safras e cultivares (Syn 1363RR, Syn 1365 RR), os sistemas de pulverização e os espaçamentos não mostraram interações significativas, em AACPFASR, severidade, desfolha, rendimento e massa de mil grãos, evidenciando que os fatores atuaram de forma independente (Tabelas 3 a 10). Na safra 2013/2014, para a cultivar Syn 1363 RR, a severidade foi maior (77%) que na safra 2014/2015 (55,6%). Esse fato deve-se à semeadura tardia da cultura e ao início antecipado da epidemia da FAS.

Tabela 3- Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR), controle, severidade no estágio R6 e desfolha no estágio R7 em função de diferentes sistemas de pulverização de fungicidas e espaçamentos entrelinhas em soja cultivar Syn 1363 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, RS, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
AACPFASR				
Testemunha	29,3	29,5	31,6	30,1 a
Convencional	2,4	1,6	2,1	2,0 c
Dropleg®	5,7	5,2	5,5	5,5 b
Vortex®	2,9	2,1	1,5	2,2 c
Média ^{NS}	10,1	9,6	10,2	10,0
Controle %				
Convencional	92	95	93	93
Dropleg®	81	83	83	82
Vortex®	91	93	95	93
Média	88	90	90	90
Severidade* %				
Testemunha	76,0	75,0	80,0	77,0 a
Convencional	5,7	3,0	5,7	4,8 c
Dropleg®	11,3	11,0	13,0	11,8 b
Vortex®	6,7	4,3	4,0	5,0 c
Média ^{NS}	24,9	23,3	25,7	24,6
Desfolha %				
Testemunha	93,3	92,7	93,3	93,1 a
Convencional	10,7	10,7	12,3	11,2 c
Dropleg®	16,0	21,7	21,7	19,8 b
Vortex®	14,0	13,0	10,7	12,6 c
Média ^{NS}	33,5	34,5	34,5	34,2

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott $p < 0,05$, ^{NS}: não significativo. CV AACPFASR (a): 11,7%, cv b: 6,5%; CV Severidade: CV (a): 11,9%, CV b: 6,8%; CV desfolha: CV (a) 6,7%, cv (B) 8,9%.

Tabela 4- Rendimento de grãos, diferença percentual *versus* a testemunha e massa de mil grãos em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
Rendimento (kg ha ⁻¹)				
Testemunha	2040	1986	1614	1880 c
Convencional	4674	4566	4050	4430 a
Dropleg®	4332	4266	3966	4188 b
Vortex®	4542	4518	4056	4372 a
Média	3897 A	3834 A	3422 B	3718
Diferença (%)				
Convencional	129	130	151	136
Dropleg®	112	115	146	123
Vortex®	123	127	151	133
Massa mil grãos (g)				
Testemunha	92,1	90,6	90,7	91,1 c
Convencional	163,8	163,2	159,2	162,1 a
Dropleg®	157,3	155,0	155,7	156,0 b
Vortex®	163,0	161,6	165,0	163,2 a
Média ^{NS}	144,0	142,6	142,7	143,1

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$), N.S.: não significativo. CV rendimento: (a): 8,8 %, C.V.9,5 b %; CV massa de mil grãos (a): 1,8; CV (b) 2,7%.

Tabela 5- Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR), controle, severidade no estágio R6 e desfolha no estágio R7 em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1365 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
AACPFASR				
Testemunha	14,1	13,5	14,3	14,0 a
Convencional	0,7	0,6	0,9	0,7 c
Dropleg®	2,2	1,1	1,8	1,7 b
Vortex®	0,9	0,6	0,7	0,7 c
Média ^{NS}	4,5	4,0	4,4	4,3
Controle %				
Convencional	95	96	94	95
Dropleg®	84	92	87	88
Vortex®	94	96	95	95
Média	91	94	92	93
Severidade*(%)				
Testemunha	34,3	34,3	36,0	34,9 a
Convencional	1,3	1,3	2,7	1,8 c
Dropleg®	5,3	2,3	4,0	3,9 b
Vortex®	1,0	1,3	2,0	1,4 c
Média ^{NS}	10,5	9,8	11,2	10,5
Desfolha (%)				
Testemunha	88,3	89,3	86,7	88,1 a
Convencional	5,3	4,7	4,7	4,9 c
Dropleg®	10,0	12,0	11,3	11,1 b
Vortex®	5,3	5,7	4,3	5,1 c
Média ^{NS}	27,3	27,9	26,8	27,3

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$, N.S.: não significativo. CV AACPFASR (a): 11,8%, cv b: 10,3%; CV Severidade: CV a: 20,1%, CV b: 18,3%. CV Desfolha: CV a: 15,0 %, CV b: 12,0 %.

Tabela 6 - Rendimento de grãos, diferença percentual *versus* a testemunha e massa de mil grãos em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1365 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
Rendimento (kg.ha ⁻¹)				
Testemunha	3220	3030	3166	3139 b
Convencional	4310	4122	4040	4157 a
Dropleg®	4270	4130	4168	4189 a
Vortex®	4314	4248	4192	4251 a
Média ^{NS}	4029	3883	3892	3934
Diferença (%)				
Convencional	34	36	28	32
Vortex®	34	40	32	35
Dropleg®	33	36	32	33
Massa mil grãos (g)				
Testemunha	134,8	136,5	129,6	133,6 b
Convencional	176,1	175,3	169,6	173,7 a
Vortex®	168,4	178,6	171,0	172,7 a
Dropleg®	166,8	170,0	168,2	168,3 a
Média ^{NS}	161,5	165,1	159,6	162,1

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$); n.s: não significativo, CV rendimento cv a: 1,8%, CV b: 2,7%; CV massa de mil grãos CV (a): 2,4%; CV b: 3,1%.

Na comparação entre sistemas de pulverização, não foram obtidos ganhos em relação ao sistema convencional. Verifica-se que nas variáveis AACPFASR, severidade e desfolha o sistema Vortex® se equivale ao convencional. Para essas mesmas variáveis, o Dropleg® ficou estatisticamente inferior ao sistema convencional e ao

Vortex®, apesar de proporcionar um controle superior a 80%. Não se verificou influência do espaçamento na AACPFASR, severidade e desfolha para ambas as safras e cultivares (Tabelas 3, 5, 7 e 9). Pode-se justificar esse fato devido aos níveis críticos da severidade da FAS terem sido alcançados independentemente do arranjo espacial.

Tabela 7 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (AACPFASR), severidade no estágio R6 e desfolha no estágio R7 em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas na cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
AACPFASR				
Testemunha	24,3 a	22,8 a	24,9 a	24,3 a
Convencional	2,4 b	1,8 b	1,2 c	2,4 c
Dropleg®	4,8 b	4,4 b	4,5 b	4,8 b
Média ^{NS}	10,5	9,6	10,2	10,5
Controle (%)				
Convencional	90	92	95	90
Dropleg®	80	81	82	80
Média	85	86	87	85
Severidade (%)				
Testemunha	54,7 a	54,3 a	57,7 a	55,6 a
Convencional	5,0 b	3,0 b	2,7 c	3,6 c
Dropleg®	8,0 b	8,0 b	9,7 b	8,6 b
Média ^{NS}	22,6	21,8	23,3	22,6
Desfolha (%)				
Testemunha	86,3	87,8	84,8	86,3 a
Convencional	6,5	6,0	5,8	6,1 c
Dropleg®	16,0	14,0	14,5	14,8 b
Média ^{NS}	36,3	35,9	35,0	35,7

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), N.S.: não significativo. CV AACPFASR: a: 12,2%, CV b: 10,0%; CV Severidade: CV a: 8,6 %, CV b: 5,4%; CV Desfolha: (a): 13,2 %, CV b: 15,8%.

Tabela 8- Rendimento de grãos, diferença percentual *versus* a testemunha e massa de mil grãos em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
Rendimento (kg ha ⁻¹)				
Testemunha	2990	2769	2679	2813 b
Convencional	4391	4040	4095	4175 a
Dropleg®	4098	3965	3984	4016 a
Média	3826 A	3591 B	3586 B	3668
Diferença (%)				
Convencional	47	46	53	48
Dropleg®	37	43	49	43
Massa de mil grãos (g)				
Testemunha	103,5	103,5	102,8	103,3 c
Convencional	141,0	140,0	144,0	141,7 a
Dropleg®	137,0	134,5	134,8	135,4 b
Média ^{NS}	127,2	126,0	127,2	126,8

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$; n.s: não significativo. CV Rendimento: cv a: 6,4%, cv b: 4,3%; CV massa de mil grãos: (a): 2,7% ; C.V. (B) 2,1%.

Tabela 9 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja relativa (ACPFASR), severidade no estágio R6 e desfolha no estágio R7 em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas da cultivar de soja Syn 1365 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
AACPFASR				
Testemunha	11,9	12,2	12,6	12,2 a
Convencional	0,9	0,6	0,7	0,7 c
Dropleg®	2,1	1,1	1,6	1,6 b
Média ^{NS}	12,5	11,5	12,4	4,8
Controle %				
Convencional	92	95	94	94
Dropleg®	82	91	86	87
Média	92	95	94	94
Severidade* (%)				
Testemunha	25,5	28,6	30,0	28,0 a
Convencional	0,8	1,0	1,7	1,1 b
Dropleg®	4,9	2,3	3,9	3,7 b
Média ^{NS}	10,4	10,6	11,9	10,9
Desfolha (%)				
Testemunha	68,8	70,0	67,5	68,8 a
Convencional	5,3	4,8	6,0	5,3 b
Dropleg®	5,3	8,3	6,3	6,6 b
Média ^{NS}	26,4	27,7	26,6	26,9

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$, N.S.: não significativo. CV AACPFASR: a: 15,7%, cv b: 14,6%; CV Severidade: cv a: 10,7%, c.v. b: 12,7%; CV Desfolha: (a): 12,0%, cv b: 16,0%.

Tabela 10 - Rendimento de grãos, diferença percentual *versus* a testemunha e massa de mil grãos da cultivar de soja Syn 1365 RR em função de diferentes espaçamentos e sistemas de pulverização de fungicidas na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016

Sistema de Pulverização	Espaçamento entrelinhas			Média
	0,17 m	0,34 m	0,51 m	
Rendimento Kg.ha ⁻¹				
Testemunha	3390	3306	3228	3306 b
Convencional	4248	3828	3816	3966 a
Dropleg®	4224	3792	3774	3930 a
Média	3954 A	3642 B	3606 B	3732
Diferença (%)				
Convencional	25	16	18	20
Dropleg®	25	15	17	19
Massa mil grãos (g)				
Testemunha	147,4	148,9	148,4	148,2 c
Convencional	164,2	165,3	164,2	164,6 b
Dropleg®	166,4	167,6	168,4	167,5 a
Média ^{NS}	159,3	160,7	160,1	160,1

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$); ^{NS}: não significativo a 5% de probabilidade de erro, CV rendimento (a): 4,1% cv b: 4,5%. CV massa mil grãos (a): 1,6%, C.V. (B) 1,5%.

Essa análise indica que a resistência genética é uma forma de controle eficiente, mas, com a combinação de fungicidas, os danos podem ser reduzidos ainda mais.

Estatisticamente, para a maioria dos casos, houve acréscimo de rendimento quando do uso de espaçamento reduzido. Há de ressaltar que, apesar de serem cultivares de ciclo um pouco mais longo, pela data de semeadura relativamente tardia, o ciclo foi sendo reduzido. De maneira geral, verifica-se o aumento de rendimento em espaçamento reduzido para cultivares superprecoces.

No experimento 2, verificou-se que a pulverização com a barra convencional (T6: 100/0) promoveu maior controle da FAS, quando comparado ao sistema Dropleg® na mesma dose (T3: 50/50). A utilização de doses maiores (75/75 e 100/100) refletiu em redução da severidade e da AACPFASR, porém não promoveu ganhos significativos na produtividade e na massa de mil grãos, em comparação ao tratamento convencional na dose recomendada.

Em relação ao menor depósito, verificou-se geralmente menor controle de doenças, que poderia ser compensado com o uso de 1,5x a dose do produto (Tabelas 10 e 11), porém trazendo gastos desnecessários e sem grandes diferenciais de rendimento. Nesse sentido verificou-se que a diminuição de dose acarreta em menor controle (CHECHI, 2016).

Há de se considerar também que, como produtos à base de estrobilurinas e carboxamidas têm ação preventiva, menor controle pode ter ocorrido pelas aplicações curativas na metade inferior do dossel das plantas, não tendo o fungicida alcançado controle satisfatório. Ao mesmo tempo, a meia dose aplicada na parte superior não foi suficiente para propiciar um controle adequado. O incremento

de dose proporcionou maior controle FAS, justificando os resultados encontrados (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11 - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem-asiática-da-soja relativa (AACPFASR), na metade superior e na metade inferior do dossel, severidade de FAS no estágio R6 e desfolha no estágio R7 na cultivar de soja Syn 13671 IPRO em função de diferentes fracionamentos de aplicação de fungicidas na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016

Tratamento	AACPFASR Inferior*	AACPFASR Superior*	Severidade R6 ^{PI} (%)*	Controle %
T1 Test.	26,8 a	9,3 a	54,2 a	-
T2 50/0	7,7 b	2,0 b	11,9 b	78
T3 50/50	3,8 c	1,7 b	9,8 b	82
T4 75/75	1,5 e	0,6 d	2,8 d	95
T5 100/100	0,9 e	0,5 d	1,8 d	97
T6 100/0	2,7 d	1,2 c	4,8 c	91
CV (%)	9,3	13,1	10,1	

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. PI: planta inteira; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 12 - Rendimento de grãos e massa de mil grãos da cultivar de soja Syn 13671 IPRO em função de diferentes sistemas de aplicação de fungicidas na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016

Tratamento	Desfolha	Rendimento de	Dif.	mms
Dose	R7 (%)	grãos (kg.ha ⁻¹)	(%)	(g)
T1 Test.	94,0 a	3146 d	-	116 c
T2 50/0	25,7 b	4047 c	22	145 b
T3 50/50	14,2 c	4410 b	29	147 b
T4 75/75	3,5 d	4759 a	34	156 a
T5 100/100	3,7 d	4840 a	35	159 a
T6 100/0	3,5 d	4789 a	34	159 a
CV (%)	11,9	5,9	-	3,6

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$).

No Experimento 3, a melhor distribuição dos depósitos ao longo do dossel das plantas de soja foi obtida com o Sistema Dropleg®, no qual se verificou que os depósitos ficaram mais próximos na parte superior e inferior, comparativamente aos demais (Figura 3).

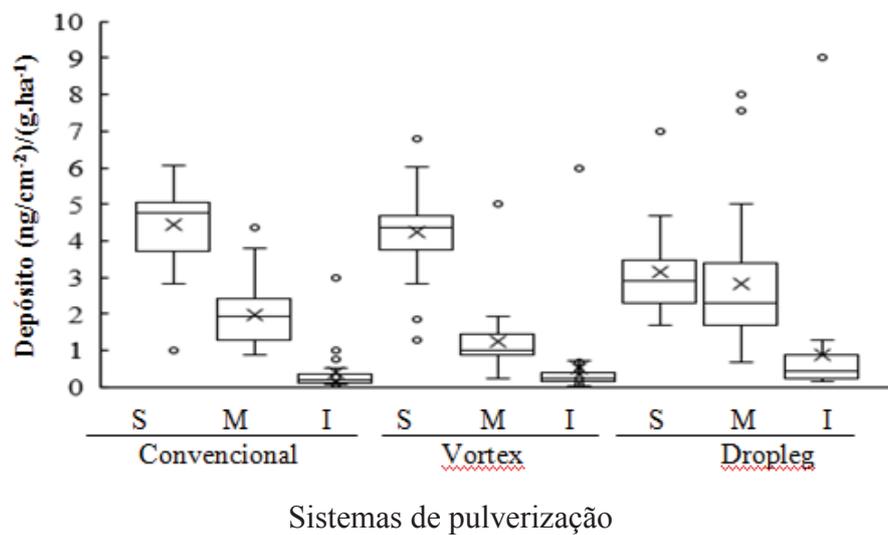


Figura 3 - Depósitos normalizados do traçador fluorescente Helios 500SC com diferentes sistemas de pulverização em diferentes posições da planta (S: superior; mediana; I: inferior) da soja cultivar BMX Ativa RR na safra 2015/2016. Passo Fundo, 2016.

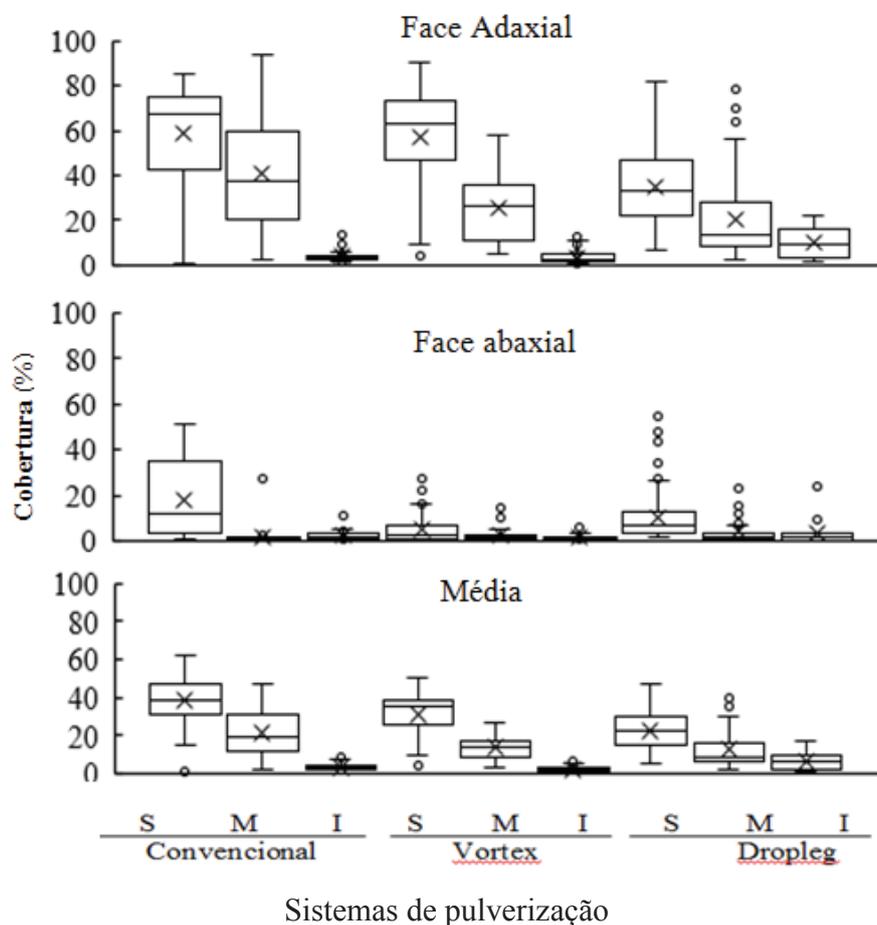


Figura 4 - Cobertura em diferentes faces das folhas, com diferentes sistemas de pulverização em diferentes posições da planta (S: superior; mediana; I: inferior) da soja cultivar BMX Ativa RR na safra 2015/2016. Passo Fundo, 2016.

Esse sistema pode ser aperfeiçoado com o uso de uma haste maior. Para cultura com 1,0 m de altura, seria necessária uma haste de 1,4 a 1,5 m. Nesse caso, seria preciso o uso de pontas também nas partes intermediárias e não somente na extremidade inferior. Algo a ser explorado seria a manutenção do volume total de calda, sem

dividi-lo entre os estratos. Entretanto, a divisão de volume pode acarretar em menor cobertura e depósito na parte superior das plantas.

4 DISCUSSÃO

Já foi demonstrado que a redução no espaçamento entre fileiras proporciona aumento de rendimento de grãos, devendo-se à melhor distribuição de plantas na área e interceptação da radiação solar (PIRES et al., 2000; RAMBO, 2004). Há situações em que não se verificaram diferenciais de produtividade em espaçamentos reduzidos (BALBINOT et al., 2014). Para sementeiras cruzadas, ocorre aumento de rendimento, apesar de maior intensidade de FAS, sendo dependente de cultivar (LIMA et al., 2012). Para outras situações, isso nem sempre é verdadeiro (GUBIANI, 2005). São muitas as variáveis que interferem nessa questão, como a cultivar em especial sua arquitetura e ciclo, época de sementeira, densidade, fertilidade e clima. Para Norsworthy & Shipe (2005), há necessidade de se agrupar genótipos que respondem ou não ao aumento do espaçamento, otimizando o potencial de cada cultivar.

De maneira geral, devem ser adotadas técnicas integradas com a tecnologia de aplicação para se obter um controle eficiente (BALARDIN, 1999; ANTUNIASSI et al., 2005). A penetração de gotas no dossel da cultura é aspecto fundamental sobremaneira para doenças que iniciam a patogênese nas folhas baixas, como é o caso da FAS.

Pelos resultados obtidos, a cobertura no interior do dossel é desuniforme, apresentando resultados ineficientes. Segundo Boller et al, 2007 a arquitetura das plantas de soja e de suas folhas não é característica favorável à penetração das gotas de uma pulverização no interior do dossel da cultura.

Os parâmetros de pulverização devem ser ajustados em função da arquitetura das cultivares, principalmente ao índice de área foliar e estatura (DALLA FAVERA, 2012). Visando-se a uma alta eficiência no controle das doenças, as gotas das pulverizações de fungicidas devem ser depositadas em quantidades adequadas em todas as folhas das plantas (AZEVEDO, 2003).

Técnicas convencionais de pulverização, através de pontas de energia hidráulica ou centrífugas, com menores ou maiores volumes de aplicação, oferecem baixa recuperação de depósitos e coberturas nos terços médios e inferiores das plantas de soja ocasionando baixa eficiência (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; CUNHA et al., 2011; COSTA et al., 2015). Tormen et al. (2012) constataram que dificilmente a deposição de gotas nos dosséis medianos e inferiores de diferentes cultivares ultrapassa 20%.

Parcialmente esses obstáculos podem ser transpostos com o uso de sistemas de auxílio à barra de pulverização (KAUL et al., 1996). Para Darkensen et al. (2008), gotas finas devem ser evitadas para tratar as partes inferiores das plantas, a não ser que sejam auxiliadas por alguma forma de energia, por exemplo, a assistência a ar. Sistemas de cortina de ar, como é o caso do Vortex®, podem ajudar a aumentar a deposição de calda no interior do dossel da cultura

da soja; mesmo assim, a cobertura obtida ainda é baixa (OZKAN et al., 2006). Existem casos de melhoria no controle da ferrugem asiática, proporcionando acréscimo na produtividade e peso de mil grãos (CHRISTOVAM, 2008; PRADO et al., 2010).

Com a utilização da assistência à barra de pulverização por uma cortina de ar (sistema Vortex®), verifica-se uma redução significativa da deriva em relação ao equipamento sem assistência de ar, nas mesmas condições meteorológicas (BAUER & RAETANO, 2000). O estágio de desenvolvimento da cultura também é um fator que influencia na deposição da pulverização. Em condições de dossel mais aberto, às vezes, não há influência positiva do sistema de assistência à barra por cortina de ar. Esse sistema mostrou diferencial, principalmente em dossel fechado em estádios de desenvolvimento mais avançado (BAUER et al., 2008). Nas situações em que os ensaios foram realizados não se observou vantagens do uso da assistência de ar.

No momento em que as plantas atingem seu maior desenvolvimento vegetativo, as aplicações de fungicida necessitam da máxima capacidade de cobertura e penetração no interior do dossel da cultura, mesmo para produtos com características de ação sistêmica. Uma das formas de se obter essa boa deposição em alvos biológicos é a escolha correta da ponta e da técnica de aplicação do fungicida, bem como o momento da aplicação (CUNHA & PERES, 2010). Observou-se que o uso do Dropleg® e do Vortex® não agregaram sobre o sistema convencional (Tabelas 3 a 12), podendo ser atribuído que ambos foram aplicados sob boas condições ambientais.

Para ingredientes ativos de baixa ou nenhuma sistemicidade, por exemplo, benzovindiflupir (KOW: 4,32), desde que mantido o depósito, o parâmetro de melhor eficácia biológica é a cobertura produzida pela pulverização. De maneira geral, maiores volumes apresentam maiores controles, sem necessidade de aumento de dose de produto, sendo variável conforme o IAF da cultivar (CHECHI, 2016). Aumento de volume não repercute em maior resíduo encontrado nos tecidos das plantas, mas incrementa em cobertura, que pode impactar no controle (DARKENSEN et al., 2008).

As aplicações de fungicida precisam vencer a barreira imposta pela massa de folhas e promover uma boa cobertura no interior da planta (ZHU et al., 2008). O sistema Vortex® não necessariamente apresenta melhor performance do que mecanismos convencionais. Pode aumentar a cobertura sobre a parte inferior das folhas (DARKENSEN et al., 2008). Para os ensaios conduzidos, não se verificaram melhorias em comparação ao sistema convencional em termos de controle.

Não se identificou acréscimo de cobertura na face abaxial das folhas quando se comparou o sistema Vortex® e Dropleg® com o sistema de barra convencional (Figura 1). Em diferentes formas de aplicação, sempre é verificada maior cobertura na parte superior (ALVES & CUNHA, 2011), sendo muito difícil de atingir a parte abaxial das folhas (SCUDELER et al., 2006).

Mecanismos auxiliares utilizados não ofereceram grandes diferenciais de cobertura, depósito, controle e rendimento se

comparados aos convencionais (Figuras 3 e 4). Para Darkensen et al. (2008), ângulo de pulverização, tamanho de gota, velocidade de gota podem ser fatores mais importantes para determinar a penetração das gotas no dossel da soja do que mecanismos auxiliares.

A eficiência da aplicação é determinada pela adequada deposição e distribuição do produto no alvo. Portanto, a escolha da ponta de pulverização é fundamental para que se obtenham gotas de tamanho ideal, somadas ao momento de aplicação mais oportuno, compondo um conjunto de fatores que devem ser considerados na tomada de decisão para o controle das doenças (MADALOSSO, 2007). A seleção das pontas de pulverização serve para adequar o pulverizador ao tipo de aplicação que será realizado, buscando sempre otimizar o efeito biológico e a capacidade da máquina aplicadora (BOLLER, 2006).

Não foram verificados benefícios em termos de controle e rendimento com os sistemas auxiliares de barra. Esperavam-se maiores coberturas em função da utilização dos sistemas de auxílio à barra de pulverização (Vortex® e Dropleg®). Possíveis causas: quantidade de ar insuficiente para abertura do dossel causando um efeito negativo de fechamento e/ou a corrente de vento carregou parte do produto para o solo. Com relação ao Dropleg®, o sistema foi regulado para operar (barra superior) de 0,4 a 0,5 m acima do dossel das plantas. A haste flexível possuía um comprimento de 0,9 m, a qual penetrava entre 0,5m e 0,4m no interior do dossel, não atingindo a parte inferior.

Pelo deslocamento nas entrelinhas, o jato pode ser parcialmente bloqueado pelas folhas da soja, não oferecendo grandes

diferenciais de cobertura (Figura 4), apesar de promover uma melhor uniformidade de distribuição dos depósitos entre a parte superior e mediana (Figura 3).

Os resultados encontrados a partir desses experimentos e da literatura consultada indicam haver necessidade de ajustes e maiores estudos visando avaliar hastes mais longas, aumentos de volumes de calda, tipos de fungicida, direção de aplicação em relação às linhas da cultura, direcionamento da cortina de ar (para frente, vertical e para trás) e, sobretudo, trabalhar alvos como pragas e doenças, destacando-se o mofo branco. Também há necessidade de adequar o manejo para as diferentes cultivares de soja.

5 CONCLUSÕES

Espaçamentos reduzidos proporcionam maior rendimento de grãos de soja e não ocasionam diferenças na intensidade da FAS.

A utilização do sistema auxiliar para a barra de pulverização, Dropleg®, implica menor controle da FAS e menor rendimento de grãos do que a barra convencional.

Cultivares de soja resistentes à ferrugem respondem a aplicações de fungicida com acréscimos de produtividade.

Para equivaler-se ao sistema de pulverização convencional, o sistema Dropleg® necessita de aumento mínimo de 50% na dose do fungicida.

O sistema Dropleg® promove melhor distribuição de depósitos e cobertura nos estratos inferiores do dossel da soja.

CAPÍTULO III

AÇÃO DE ADJUVANTES NO DESEMPENHO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

LAÉRCIO LUIZ HOFFMANN¹

RESUMO - Adjuvantes podem melhorar a eficiência de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. Eles alteram as propriedades físico-químicas da calda de pulverização, melhoram o espalhamento das gotas e a adesão do fungicida no alvo, contribuindo para maior cobertura, retenção e absorção do fungicida. Avaliações da performance biológica e determinações *in vitro* são importantes para diferenciar e identificar os adjuvantes apropriados a cada fungicida. Nas safras 2013/14 e 2014/15, através de experimentos, adjuvantes à base de óleo mineral, silicone, óleo mineral + silicone, ácido propiônico e fosfatilcolina, ester de ácido fosfórico e fertilizante foliares (N e P₂O₅) foram adicionados à calda com fungicida benzovindiflupir + azoxistrobina e avaliados em sua contribuição para o controle da ferrugem em soja. A cobertura do alvo pela calda aplicada, seu depósito, condutividade elétrica e pH foram também avaliados em laboratório. Os adjuvantes alteraram o pH e a condutividade elétrica da calda. Melhor controle da ferrugem e maior

¹ Eng. Agrônomo, mestre, aluno do doutorado do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Fitopatologia.

produtividade foram obtidos com adjuvantes à base de óleo mineral parafinado, óleo mineral parafinado + organo-siliconado e por éster do ácido fosfórico. O organo-siliconado resultou em melhor cobertura do alvo.

Palavras-chave: cobertura do alvo, marcador fluorescente, *Phakopsora pachyrhizi*

THE ROLE OF ADJUVANTS ON FUNGICIDE PERFORMANCE TO CONTROL ASIAN RUST ON SOYBEANS

ABSTRACT – Adjuvants may improve performance of fungicides applied to Asian rust control on soybeans. They modify physico-chemical properties of the spray suspension and provide better fungicide distribution and adhesion on leaf surface, thus improving leaf coverage and fungicide retention and absorption by plant tissues. Evaluations of field biological performance and in vitro determinations are important to differentiate adjuvants and identify the proper one for each fungicide. During the soybean seasons of 2013/14 and 2014/15, field trials were designed to evaluate the control of soybean rust by the fungicide benzovindiflupir + azoxystrobin when combined with adjuvants derived from mineral oils, silicon, mineral oil + silicon, propionic acid + phosphatidylcholine, Ester of phosphoric acid, and foliar fertilizers (N and P₂O₅). The same combinations of fungicide and adjuvants were also evaluated in laboratory for leaf coverage, amount of fungicide retained, electric conductivity, and pH.

The adjuvants tested modified the fungicide suspension pH and electric conductivity. Better field rust control was achieved with adjuvants derived from paraffinic mineral oils, paraffinic mineral oil + organ-silicon, and Esther of phosphoric acid. The organ-silicon adjuvant provided the best leaf surface coverage.

Keywords: coverage of target, fluorescent marker, *Phakopsora pachyrhizi*

1 INTRODUÇÃO

Uma das possibilidades para aumentar a eficiência de defensivos agrícolas é o uso de adjuvantes de calda nas pulverizações. Adjuvantes são definidos como produtos utilizados em mistura com produtos formulados para melhorar sua aplicação (BRASIL, 2002).

Adjuvantes de calda são substâncias ou compostos sem propriedades fitossanitárias, utilizados com o objetivo de facilitar a aplicação, aumentar a eficiência ou diminuir riscos (KISSMANN, 1998). O uso de adjuvantes pode alterar as propriedades físico-químicas da calda de pulverização, melhorando a molhabilidade, a adesão e o espalhamento das gotas de pulverização, contribuindo para melhor retenção, absorção e penetração do ingrediente ativo. Adjuvantes auxiliam os ingredientes ativos na obtenção de melhor desempenho biológico, maximizando a produção e a produtividade (AZEVEDO & CASTELANI, 2013). Os adjuvantes são classificados pela sua atividade, sendo divididos em ativadores e utilitários (ASTM, 1999). Os principais representantes dos adjuvantes ativadores são os

surfactantes, óleos vegetais, óleos metilados, óleos minerais, derivados de silicões e os fertilizantes nitrogenados (OLIVEIRA, 2011). Os adjuvantes utilitários agem como facilitadores da pulverização e incluem os agentes compatibilizantes, depositantes, dispersantes, controladores de deriva, acidificantes, tamponantes, antiespumantes, condicionadores da água, umectantes, protetores de raios ultravioletas e corantes (McMULLAN, 2000).

As pesquisas com adjuvantes vêm crescendo substancialmente nos últimos anos; entretanto, a maioria avalia a associação desses produtos com herbicidas (MELO, 2015) e em menor intensidade com fungicidas e inseticidas.

Atualmente, cerca de 70 a 80% do mercado brasileiro oficial é composto por adjuvantes de desempenho (ativadores) com base em óleo mineral e vegetal ou óleos modificados (AZEVEDO & CASTELANI, 2013); isso em função principalmente de fungicidas em soja para controle da ferrugem asiática.

Comparativamente, com relação ao comportamento de adjuvantes com herbicidas, para inseticidas e fungicidas, existem menos informações. A escolha correta de adjuvantes pode melhorar a eficiência dos agrotóxicos, mas, infelizmente, as recomendações estão mais baseadas em questões comerciais do que técnico-científicas (MELO, 2015). De certa forma, isso origina recomendações sem bases científicas, criando-se um mercado paralelo, em que adjuvantes são registrados e comercializados como fertilizantes foliares, muitas vezes sem base técnica.

As avaliações de adjuvantes em laboratório dão uma boa ideia do comportamento quanto às características físico-químicas (OLIVEIRA, 2011; SILVA, 2014; ARRUE, 2015). Mas as interações da mistura com os defensivos e estes posteriormente com as plantas tornam-se complexos. Ao final, o que deve ditar a recomendação é a avaliação conjunta de avaliações de laboratório e performance de campo, justificando a realização desses trabalhos.

Para fungicidas, como o benzovindiflupir, não sistêmico, é importante o fator de cobertura. Segundo a fórmula de cobertura de Courshee (1967): $C = 15.V.R.K^2/(A.D.)$, em que C: % da área foliar coberta; V = Volume de aplicação ($L.ha^{-1}$); R: taxa de recuperação (% do volume aplicado); K: fator de espalhamento de gotas; A: superfície vegetal existente no hectare; D: diâmetro de gotas. Qualquer um dos fatores no numerador (V, R, K) que aumente incrementará a cobertura, destacando que o fator espalhamento de gotas (K) possui um efeito muito mais proeminente, uma vez que se trata de uma função quadrática. Com a utilização de adjuvantes que promovam uma redução da tensão superficial da calda de pulverização, o fator K será sensivelmente elevado, obtendo-se uma cobertura maior e uma maior eficiência na pulverização. Diminuindo-se o denominador (A e /ou D), também se pode aumentar a cobertura. Nesse caso, o uso de gotas menores tende a aumentar a cobertura, ao mesmo tempo que eleva o potencial de perdas pelos processos de deriva e evaporação. No caso de gotas pequenas, também podem ser utilizados adjuvantes que evitem a formação de gotas muito finas (<150 micras) e também se podem utilizar compostos com taxa de evaporação inferior à água

que evitem a evaporação das gotas de pulverização até atingirem o alvo desejado. Nesse caso, os óleos podem fazer essa função.

O objetivo deste trabalho é avaliar se adjuvantes influenciam na eficácia biológica de um fungicida utilizado no controle da FAS no campo e se interferem na cobertura, pH, condutividade elétrica em condição de laboratório.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1: Avaliação de controle de ferrugem-asiática-da-soja no campo.

Os experimentos a campo foram conduzidos nas safras 2013/14 e 2014/15 na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, região fisiográfica do Planalto Médio, situada a 660 metros de altitude, latitude 28° 12' S e Longitude 52° 23' O; apresentando solo Latossolo Vermelho distrófico, textura tipo 3 ($\geq 35\%$ argila) e clima subtropical úmido. Os dados meteorológicos foram provenientes da Estação da Embrapa Trigo em Passo Fundo, RS, situada a 2000m do experimento. Em ambas as safras, as precipitações pluviais e a temperatura foram suficientes para o desenvolvimento adequado da cultura bem como favoráveis à FAS. Entretanto, ocorreu déficit hídrico no mês de março/2015 (Figura 2).

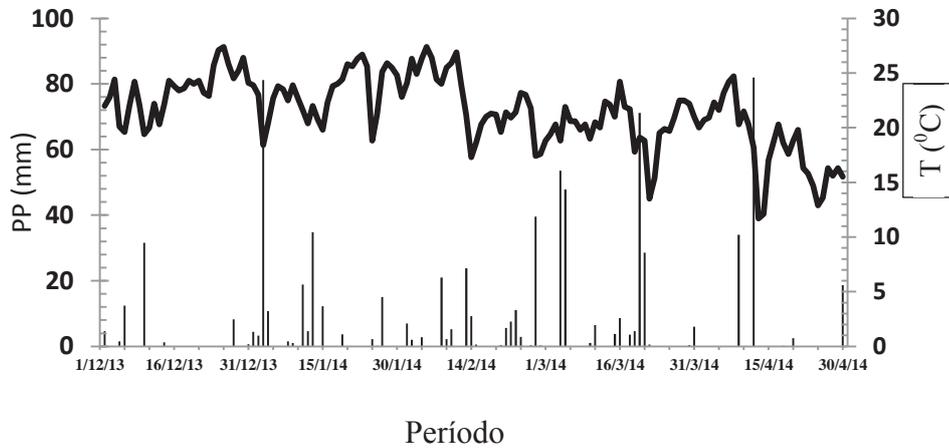


Figura 1: Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, na safra 2013/2014. Fonte: Embrapa Trigo, 2016.

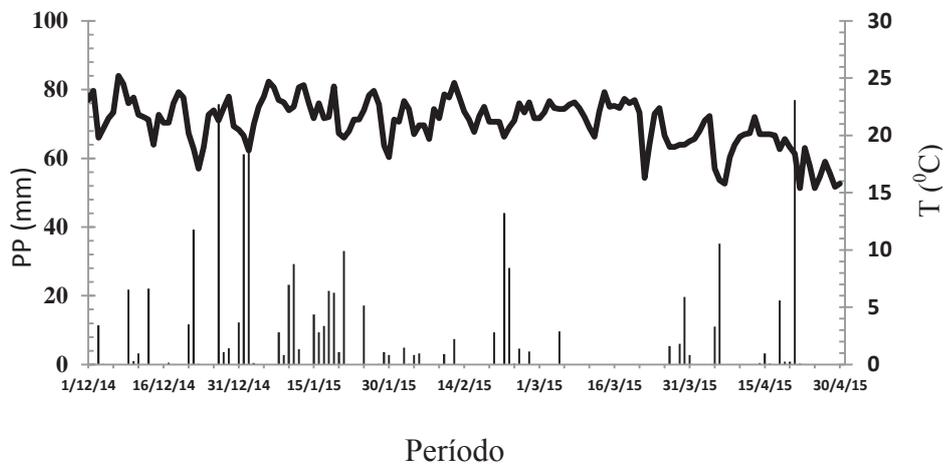


Figura 2: Precipitação pluvial (PP) e temperatura média (TM) ocorrida no período de desenvolvimento da cultura da soja em Passo Fundo, RS, na safra 2014/2015. Fonte: Embrapa Trigo, 2016.

O manejo de plantas daninhas em pré-semeadura foi realizado sete dias antes da implantação da cultura com glifosato potássico e 2,4-D ($1500 \text{ g e. a. ha}^{-1} + 670 \text{ g e. a. ha}^{-1}$). Um dia antes da semeadura foi aplicado paraquat + diuron ($400 + 200 \text{ g i. a. ha}^{-1}$). Os grãos foram tratados com abamectina, tiametoxam, fludioxonil, mefenoxana e tiabendazol ($50 + 70 + 2,5 + 2 + 15 \text{ g i. a. } 100\text{kg}^{-1}$ de sementes).

As semeaduras foram realizadas no início de dezembro de cada safra, utilizando-se a cultivar Syn 1363 RR (grupo de maturação 6.3, ciclo médio, hábito de crescimento indeterminado), com densidade final ajustada para $300.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ($\pm 5\%$) e espaçamento de 0,45 m entrelinhas. A adubação foi realizada conforme a análise de solo e as indicações técnicas oficiais para a cultura da soja com o uso de 15 kg ha^{-1} de N, 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 45 kg ha^{-1} de K_2O no sulco de semeadura.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado com duas aplicações de herbicidas, a primeira aos vinte dias após a semeadura com as misturas de glifosato potássico e cloransulam metílico ($750 \text{ g e. a. ha}^{-1} + 30 \text{ g i. a. ha}^{-1}$) e a segunda aplicação 15 dias após, com glifosato potássico ($750 \text{ g e. a. ha}^{-1}$). Juntamente à primeira aplicação de herbicida foi adicionado Mo e Co ($10 + 2 \text{ g ha}^{-1}$). Para controle de lagartas, usou-se clorantraniliprole e lambdacialotrina ($10 \text{ g i. a. ha}^{-1} + 5 \text{ g i. a. ha}^{-1}$). Para o controle de coleópteros e hemípteros, foi utilizada a mistura de inseticida tiametoxam e lambdacialotrina ($35,25 \text{ g i. a. ha}^{-1} + 26,5 \text{ g i. a. ha}^{-1}$). Ambos foram aplicados calendarizados em V8, R4 e R6. No estádio

V8, fez-se a aplicação de 60 g.ha⁻¹ de azoxistrobina + 24 g.ha⁻¹ de ciproconazole com adição do adjuvante Nimbus® (óleo mineral parafínico 42,8%) na dose de 600 mL.ha⁻¹ para o controle de doenças.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram constituídas por sete linhas de seis metros de comprimento espaçadas de 0,45m.

A aplicação dos tratamentos (Tabela 1) foi através de equipamento portátil pressurizado com CO₂, distribuindo-se um volume de calda de 150 L. ha⁻¹. A velocidade de caminhamento foi de 3,6 km h⁻¹ e a barra foi conduzida entre 0,40 e 0,50m acima das plantas. A barra foi equipada com pontas de jatos planos Teejet® XR 110 015, espaçadas em 0,50m, operadas com pressão de 1,7 bar (170 kPa), gerando gotas de categoria fina (TEEJET, 2016).

As pulverizações foram realizadas sob temperaturas inferiores a 30 °C e UR>65%. Em todas as aplicações, essas condições foram monitoradas através de um termo-higro-anemômetro. As caldas foram preparadas em garrafas do tipo pet de 2,0 L seguindo a sequência de mistura: água, adjuvante, agitação por 10 segundos, fungicida (45 g.ha⁻¹ azoxistrobina + 22,7 g ha⁻¹ benzovindiflupir) aplicado em R1 e repetido 21 dias após.

A água utilizada para as pulverizações apresentava as seguintes características: condutividade elétrica: 110,6 µs cm⁻¹; dureza: 46,7 mg L⁻¹ (água muito branda); pH: 7,2.

Tabela 1 - Adjuvantes, composição, concentração e doses usadas. Passo Fundo, 2016.

Tratamento.	Produto	Conc. %	Dose L.ha ⁻¹	Nome comercial	Empresa
T1	Testemunha	-	-	-	-
T2	Só fungicida, sem adjuvante	-	-	Elatus WG	Syngenta
T3	Óleo mineral parafínico (OMP)	42,8	0,6	Nimbus	Syngenta
T4	Óleo mineral parafínico (OMP)	42,8	0,3	Nimbus	Syngenta
T5*	OMP + organo siliconado (OMP+Sil)	42,8 + 100	0,3+0,05	Nimbus + Breaktrhu	Syngenta + Evonik
T6	Organo siliconado (Sil)	100	0,1	Break -Trhu	Evonik Degussa
T7	Ésteres ac. fosfórico (TEHP)	80	0,25	Ribon	Syngenta
T8	Lecitina e ácido propiónico (Lec+AcPr)	71,18	0,15	LI 700	De Sangosse
T9	Fertilizante N+Bo + óleo laranja (FFM)	1+0,2 +n.d	0,15	Orobor N1	ORO Agri
T10	Fertilizante N+P ₂ O ₅ +dispersante (AB+D)	10+ n.d	0,075+0,15	Aller Biw + Desadere	Forquímica
T11	Fertilizante N+P ₂ O ₅ (FF NP)	10 + 10	0,15	Tensor Plus	Nutritop
T12	Fertilizante N (FN 20%)	20	1,0	A20	Dimicron

* A dose do fungicida para os tratamentos 2 a 12 foi de 45 g ha⁻¹ de azoxistrobina e 22,7 g ha⁻¹ de benzovindiflupir. Mistura em tanque, dose: produto comercial, n.d. não determinado; organo siliconado: copolímero poliéster-polimetil siloxano.

Previamente à aplicação foi realizada nova agitação por 30 segundos. Descartavam-se, aproximadamente, 250 mL de calda inicial para evitar a contaminação entre tratamentos.

A severidade da ferrugem nas parcelas (área foliar coberta com sintomas/sinais) foi estimada a partir da primeira aplicação com auxílio de escala diagramática (GODOY et al., 2006) no estádio R6. No estádio R7, fez-se avaliação de desfolha com base na escala de Hirano et al. (2010).

No final do ciclo, as três linhas centrais de cada parcela foram colhidas mecanicamente. Os grãos foram limpos e pesados e, posteriormente, determinou-se a umidade com equipamento específico, sendo esta padronizada para 13% para fins de cálculo. Determinou-se a massa de 1.000 grãos em cada parcela, retirando-se uma amostra do volume colhido.

Os resultados de severidade, desfolha, rendimento e massa de mil grãos foram submetidos à análise de variância com comparação de médias pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$) no programa SASM-AGRI® (CANTERI, 2001).

Experimento 2: Avaliação de cobertura foliar em laboratório

Com o objetivo de avaliar cobertura e retenção de depósitos, fez-se ensaio no Laboratório de Tecnologia de Aplicação da Syngenta em Stein (Suíça) em câmara-de-pulverização (“track spray”) usando-se variações de pontas e pressões para produzir classes diferentes de gotas e volumes (Tabela 2) com os mesmos adjuvantes e doses dos ensaios no campo (Tabela 1) em mistura com o fungicida

benzovindiflupir e azoxistrobin ($30 + 60 \text{ g i.a.ha}^{-1}$). A calda de pulverização foi composta por marcador fluorescente (Helios SC 500®, Syngenta) na dose de 0,1% v/v.

Tabela 2. Pontas, pressão e vazão em laboratório com câmara de pulverização "track spray" para a geração de diferentes volumes e tamanhos de gotas. Passo Fundo, 2016.

Tratamentos		Variáveis		
Volume (L ha ⁻¹)	Classe de gotas	Ponta	Pressão (Bar)	Vazão (Lmin ⁻¹)
32	fina	XR11001	2	0,32
32	média	TT11001	2	0,32
64	fina	XR11002	1,9	0,64
64	média	TT110015	3,5	0,64

Classe de gotas segundo ASABE S 572.1.

Velocidade de deslocamento 12 km h^{-1} .

As folhas foram centralizadas na bancada a 0,5m de distância das três pontas de pulverização. Para análise de cobertura, foram usadas 10 folhas de cada tratamento (10 rep.), numeradas e, posteriormente, avaliadas individualmente (Figura 3).

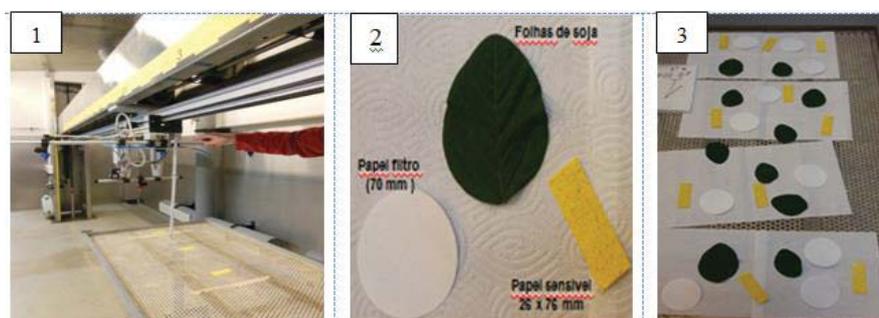


Figura 3 – Câmara-de-pulverização “track spray” (1) e disposição de folhas, papel filtro e papel sensível (2 e 3). Passo Fundo, RS, 2016.

A área foliar foi determinada por um integralizador de área foliar (Licor® 3000). A cobertura foi obtida através de fotografias de sete megapixels tiradas em câmara sob luz UV e posteriormente calculada com um software para análise de imagem (FluorSoft®). Os resultados foram analisados e comparados via box plot pelo software InfoSTAT L.

Experimento 3: Análise de condutividade elétrica e pH

A determinação de pH e condutividade elétrica (CE) foram realizadas no laboratório de solos da FAMV/UPF. Utilizaram-se as caldas na mesma concentração dos experimentos de campo.

A determinação do pH foi realizada com o auxílio do pHmetro digital Tec-3MP, previamente aferido em soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0 respectivamente, com eletrodo combinado de vidro e sensor de temperatura que expressou os resultados a 25⁰C. Para cada tratamento, utilizaram-se quatro repetições, sendo essas acondicionadas em frasco de Bécker de 50 mL. Mergulhou-se o

eletrodo na solução e aguardou-se a estabilização da leitura do pH, assim anotando o resultado. Após cada leitura, o eletrodo foi lavado com água destilada e seco com papel toalha descartável. A (CE) foi determinada de forma semelhante ao pH, utilizando-se um condutivímetro modelo Digimed® DM-3 (Célula K = 1/cm).

3 RESULTADOS

O efeito visual da desfolha da soja no estágio R6 causado pela FAS, na safra 2013/2014 está apresentado na figura 4.



Testemunha

Elatus

Elatus+Nimbus

Figura 4 - Visual da adição de adjuvantes ao fungicida Azoxistrobina + benzovindiflupir no estágio R6/R7 no cultivar Syn 1363 na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016.

Na Tabela 3 encontram-se as médias de severidade e controle da FAS no estágio R6, desfolha no estágio R7, rendimento de grãos e massa de mil grãos, como respostas aos tratamentos com os diferentes adjuvantes comparados, na safra 2013/2014.

Tabela 3 - Severidade e controle da FAS no estádio R6, desfolha no estádio R7, rendimento de grãos e massa de mil grãos em função de diferentes adjuvantes adicionados à calda do fungicida azoxistrobina e benzonvindiflupir em soja, cultivar Syn 1363 RR na safra 2013/2014. Passo Fundo, 2016.

Trat.	Adjuvante	Severidade*	Controle	Desfolha.*	Rendimento	mmg
	L ha ⁻¹	(%)	(%)	(%)	Kg ha ⁻¹	G
T1	-	77 a	-	95 a	1695 c	102 d
T2	-	60 a	22	73 b	2225 b	126 c
T3	0,6	7 d	91	18 e	3191 a	139 a
T4	0,3	11 d	86	26 e	3032 a	130 b
T5	0,3+0,05	9 d	88	20 e	3095 a	135 a
T6	0,1	18 c	76	28 e	2705 b	131 b
T7	0,25	15 c	80	23 e	3302 a	134 a
T8	0,15	42 b	46	50 c	2504 b	124 c
T9	0,15	40 b	48	38 d	2526 b	126 c
T10	0,075+0,15	44 b	42	45 c	2583 b	127 c
T11	0,15	61 a	20	50 c	2352 b	124 c
T12	1,0	57 a	25	51 c	2463 b	125 c
CV (%)		13,8	-	13,0	12,3	2,6

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Na Tabela 4, encontram-se as médias de severidade e controle da FAS no estádio R6, desfolha no estádio R7, rendimento de grãos e massa de mil grãos, como respostas aos tratamentos com os diferentes adjuvantes comparados, na safra 2014/2015.

Tabela 4 - Severidade, controle da FAS no estágio R6, desfolha no estágio R7, rendimento de grãos e massa de mil grãos em função de diferentes adjuvantes adicionados ao fungicida azoxistrobina e benzovindiflupir no cultivar de soja Syn 1363 RR na safra 2014/2015. Passo Fundo, 2016.

Trat.	Adjuvante L ha ⁻¹	Severidade* (%)	Controle (%)	Desfolha.* (%)	Rendimento Kg ha ⁻¹	mmg G
T1	-	75 a		77 a	2735 c	106 d
T2	-	30 b	60	69 a	3475 b	133 c
T3	0,6	13 d	83	15 d	4053 a	144 a
T4	0,3	26 b	65	45 b	3815 a	138 b
T5	0,3+0,05	21 c	72	40 c	3879 a	141 a
T6	0,1	26 b	66	50 b	3724 b	138 b
T7	0,25	22 c	70	34 c	3817 a	134 c
T8	0,15	27 b	64	50 b	3683 b	130 c
T9	0,15	30 b	60	51 b	3389 b	138 b
T10	0,075+0,15	28 b	63	50 b	3648 b	135 c
T11	0,15	28 b	63	63 a	3618 b	131 c
T12	1,0	27 b	64	70 a	3673 b	131 c
CV (%)		6,6	-	14,8	5,2	2,6

*Dados transformados em \sqrt{x} para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott. $p < 0,05$).

Ocorrem diferenças na cobertura foliar devido a variações de tamanho de gota e adjuvantes (Figura 5).

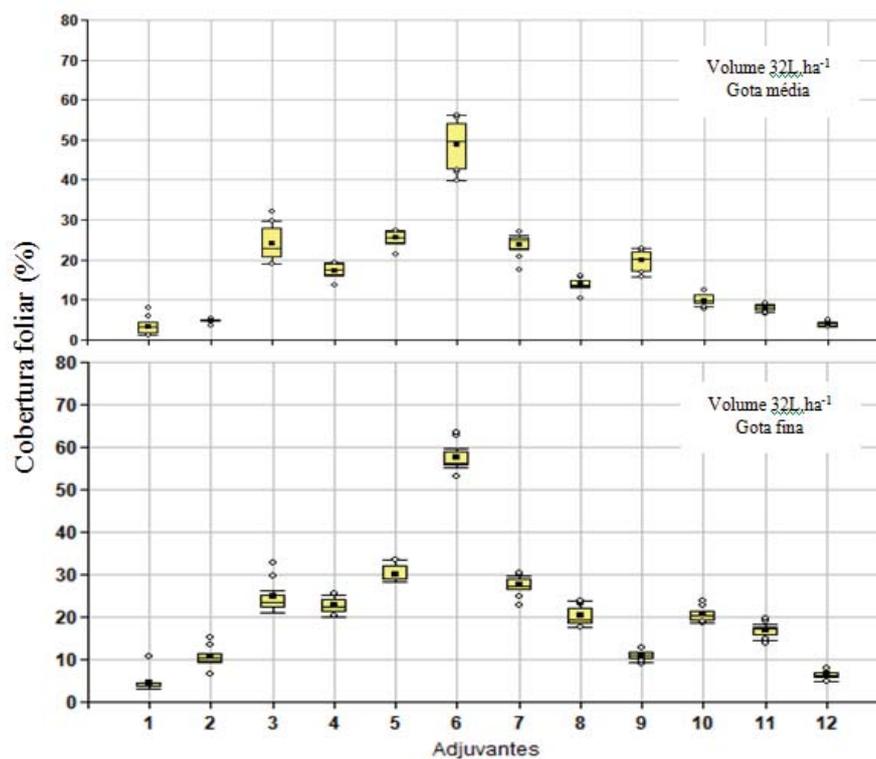


Figura 5 - Cobertura foliar média (▪), mediana (—), média \pm 1 desvio padrão intervalo de confiança (95%) \perp \top e outliers (°) obtido por diferentes adjuvantes em combinação com o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (30+60 g i.a. ha⁻¹) com diferentes tamanhos de gota (fina e média) e volume de calda de 32 L ha⁻¹. Passo Fundo, 2016.

Ocorrem variações por ocasião das variações entre volumes de calda e tamanhos de gotas sobre a cobertura foliar de soja, pela adição de adjuvantes e o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (Figura 6).

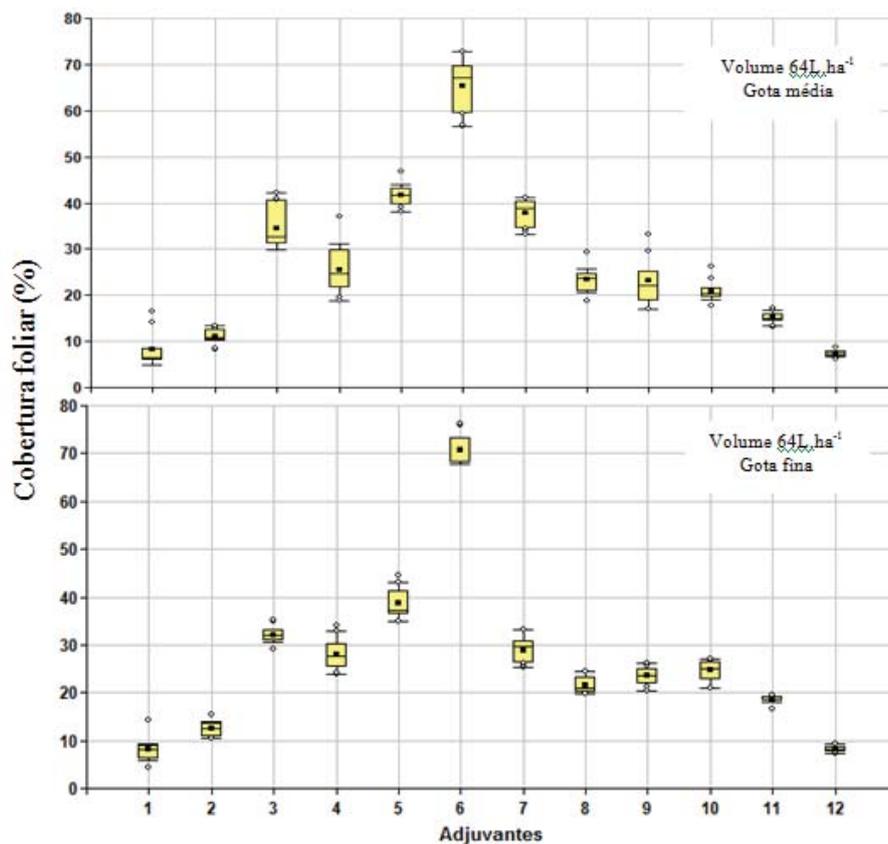


Figura 6 - Cobertura foliar média (▪), mediana (-), média \pm 1 desvio padrão, intervalo de confiança (95%) \perp \top e outliers (°) obtida por diferentes adjuvantes em combinação com o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (30+60 g i.a. ha⁻¹) com diferentes tamanhos de gota (fina e média) e volume de calda de 64L ha⁻¹. Passo Fundo, 2016.

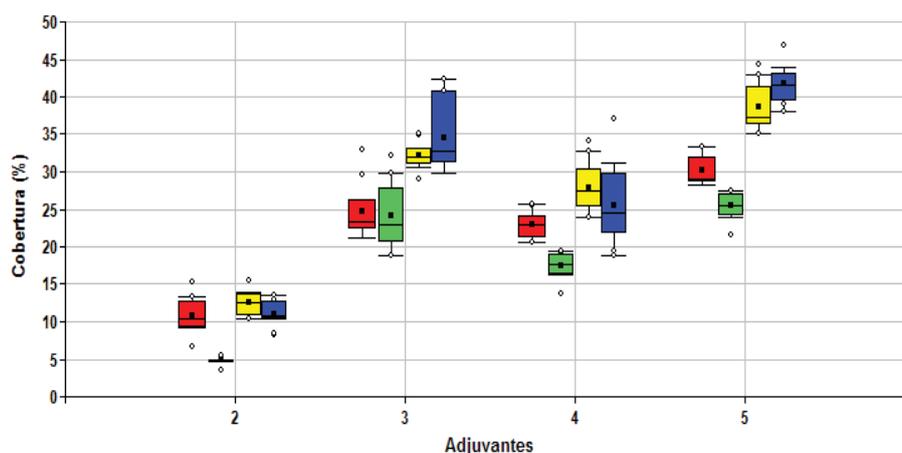


Figura 7 - Cobertura foliar média (■), mediana (—), média \pm 1 desvio padrão, intervalo de confiança (95%) \perp \top e outliers (°) obtida por diferentes adjuvantes em combinação com o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (30+60 g i.a. ha⁻¹). Gota fina e volume de 32L ha⁻¹, (vermelho); gota média e volume de 32 L ha⁻¹ (verde); gota fina e volume de 64L ha⁻¹, (amarelo); gota média e volume de 64L ha⁻¹ (azul). Adjuvante 2: só fungicida + água; 3: OMP (óleo mineral 42,8% - 0,6L ha⁻¹); 4: OMP (óleo mineral 42,8% - 0,3 L.ha⁻¹); 5: OMP (óleo mineral 42,8% - 0,3L ha⁻¹) + organo siliconado 100% (0,05 L ha⁻¹). Passo Fundo, 2016.

Ocorreram variações de condutividade elétrica de caldas contendo água e o fungicida azoxistrobina + benzonvindiflupir e o pH de caldas contendo somente água e adjuvantes e água mais o fungicida azoxistrobina + benzonvindiflupir + diferentes adjuvantes. Observe-se que o tratamento T1 contém somente água.

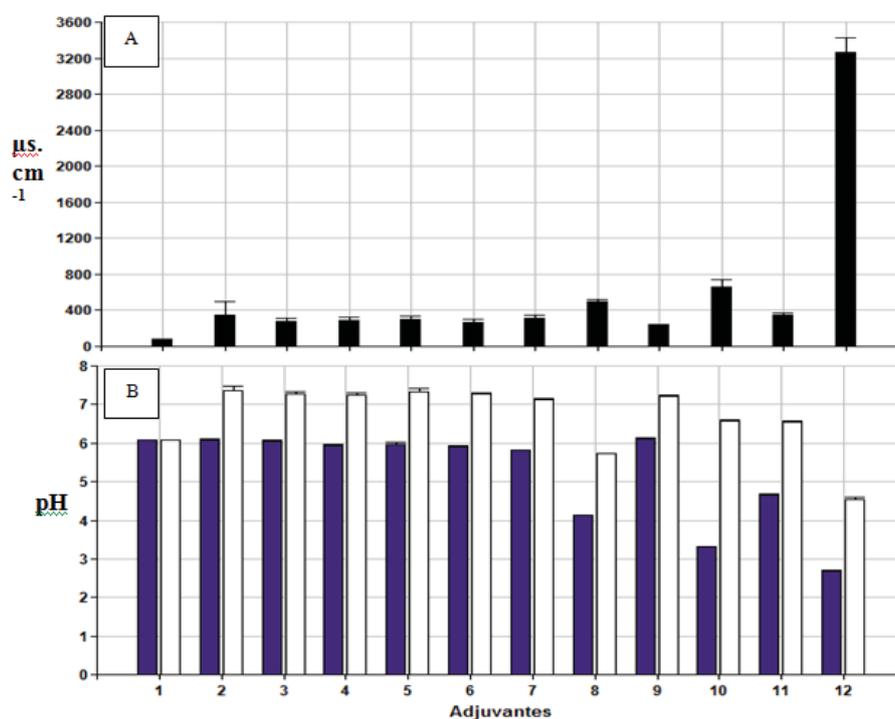


Figura 8 - (A) Condutividade elétrica (CE) e (B) potencial hidrogeniônico (pH) de caldas de adjuvantes e fungicida azoxistrobina + benzonvindiflupir (22,5+45 g i.a. ha^{-1}); barra escura (pH de água + adjuvante); barra clara (pH da mistura de água + adjuvante + fungicida). Passo Fundo, 2016.

4 DISCUSSÃO

No Brasil, a maioria dos fungicidas usados em soja possui triazóis + estobilurinas e estobilurinas + carboxamidas em sua composição, apresentando sistemicidade limitada, sendo dependentes de uma boa cobertura. O fungicida benzovindiflupir + azoxistrobina é dependente do uso de adjuvantes na calda de pulverização para proporcionar maior controle (Tabelas 3 e 4). Observou-se maior

controle e produtividade por ocasião da adição do óleo mineral (T3, T4 e T5) para ambas as safras (2013/2014 e 2014/2015). O adjuvante à base de TEHP também demonstrou potencial para ser uma opção de adjuvante para o fungicida benzovindiflupir + azoxistrobina.

O controle de doenças da soja pode ser aumentado com o uso de maiores volumes de calda, mudança no tamanho de gota e o uso de adjuvantes que aumentem o espalhamento (BALARDIN, 2001). Para penetração e absorção do ingrediente ativo, a membrana cuticular é a primeira barreira que o agrotóxico precisa ultrapassar e adjuvantes são essenciais para a retenção de depósitos e aumentar a penetração cuticular (MELO, 2015). Juntamente com o defensivo, os adjuvantes podem penetrar na cutícula atingindo outros sítios de ação. Eles podem solubilizar cera cuticular, formar cristais e reter umidade nos depósitos (TADROS, 2005). A maior absorção pode se dar pela mudança no depósito do ingrediente ativo na folha, efeito na difusão transcuticular e permeabilidade da membrana plasmática (WANG; LIU, 2007). A penetração cuticular pode ocorrer pelas mudanças estruturais e químicas na superfície foliar e na cutícula (KIRKWOOD, 1999).

Óleos com emulsificantes apresentam efeitos positivos como molhante, penetrante, redutor de deriva, antievaporante e efeito espalhante adesivo (CURRAN et al., 1999; VARGAS & ROMAN, 2006; ANTUNIASSI, 2009; OLIVEIRA, 2011). A utilização de óleos nas pulverizações agrícolas tem como função melhorar a penetração e adesão dos agrotóxicos por meio da cutícula de cera das folhas

(CURRAN et al., 1999; ANTUNIASSI, 2009). Existem variações em composição e estrutura entre as diferentes espécies de plantas.

Normalmente é uma camada lipídica, que recobre os órgãos aéreos das plantas, incluindo estruturas como tricomas, estômatos, células-guarda e células epidérmicas (BUKOVAC et al., 1990). As características da superfície foliar como cerosidade e pilosidade, bem como a idade das plantas e as condições ambientais podem influenciar na retenção do produto aplicado (VIDAL & LAMEGO, 2011). Muitas vezes, o fato de haver variações (ou seja, discrepâncias) nas avaliações de adjuvantes a campo pode ser devido a diferentes cultivares, idade das plantas e condições ambientais.

O adjuvante óleo mineral parafínico apresentou os melhores resultados em termos de diminuição de tensão superficial indicando maior concentração de surfactantes, retenção, translocação e diminuição de risco de deriva, quando da sua mistura com o fungicida azoxistrobina + ciproconazol (SILVA, 2014) e também minimizou o efeito da chuva e melhorou o efeito de controle sobre a FAS (DEBORTOLI, 2008). Em trabalho anterior, constatou-se que os fungicidas azoxistrobina + benzovindiflupir e azoxistrobina + ciproconazol são dependentes da utilização de adjuvantes na cultura da soja, em que o óleo mineral e óleo mineral acrescido de adjuvante organo siliconado mostraram os maiores resultados em controle (GÜTHS, 2013).

Em termos gerais, verifica-se que a maior eficiência a campo é obtida com o óleo mineral (Tabelas 3 e 4). As características lipofílicas permitem que sejam mais facilmente absorvidos pela

cutícula das folhas das plantas. Ocorrem efeitos positivos com a adição de óleo vegetal por ocasião das aplicações aéreas de fungicidas (COSTA, 2009). A composição do óleo é diversificada e, dependendo da fonte, pode influenciar totalmente sua eficiência (NALEWAJA, 1994). Isso demonstra também que não é qualquer óleo que pode ser utilizado. Pode ocorrer uma afinidade diferenciada entre os adjuvantes, os produtos fitossanitários e a cultura.

Com relação à cobertura foliar, observa-se que a água pura (T1) ou a sua mistura com o fungicida (T2) proporcionou uma cobertura baixa (menor que 15%), muito similar ao T12. Com adjuvante siliconado $0,1 \text{ L ha}^{-1}$ (T6) apresentou a maior cobertura, independentemente de volume de calda e tamanho de gota (Figuras 6 e 7).

Os adjuvantes organossilicones têm alta capacidade de reduzir a tensão superficial da solução, diminuir ângulo de contato, os quais são atribuídos como agente molhante da superfície foliar, e aumentam a cobertura (GASKIN & ZABKIEWICZ, 1992; GENT et al., 2003; SPANOGHE et al., 2007; VILELA et al., 2013). Porém, nos presentes experimentos, proporcionaram controles e rendimentos menores quando comparados ao óleo mineral parafínico (Tabelas 3 e 4). Apesar de o siliconado (T6) apresentar melhor cobertura e ser classificado como penetrante, ele mostrou controle inferior ao óleo mineral (T3). Guts (2013) demonstrou que adjuvante organo siliconado pode ser usado em combinação com óleos minerais. Zanata (2009) reforçou que mesmo que os fungicidas apresentem a capacidade de se movimentar (translocar) pelos vasos condutores das plantas e embora

haja diferenças entre moléculas quanto a essa particularidade, dificilmente terão a capacidade de corrigir possíveis falhas de cobertura decorrentes da tecnologia da aplicação ou da dificuldade de cobertura do dossel inferior em soja.

Os adjuvantes T9 (Orobor N1); 10 (Aller Biw + Desadere), 11(Tensor Plus) e 12 (A20) não obtiveram uma diferença significativa em comparação com a água pura. No presente trabalho, o óleo mineral proporcionou cobertura foliar inferior aos adjuvantes organo siliconados. Já com 50% da dose de adjuvante organo siliconado + 50% da dose de óleo mineral houve pequeno acréscimo de cobertura (Figuras 6 e 7). Em trabalho realizado por Scapin et al. (2013), foi demonstrado que a área coberta pela gota de pulverização sobre folhas de algodoeiro com diferentes doses de adjuvantes organo siliconados (Silwet L-77 e Break Thru) e óleo mineral (Nimbus) diferiu da proporcionada pela água pura e outros adjuvantes.

Os valores de condutividade elétrica elevados na calda indicam a presença de grandes quantidades de íons, os quais podem diminuir a eficiência biológica de ingredientes ativos (RHEINHEIMER & SOUZA, 2000). Esse caso foi observado no T12, que divergiu totalmente dos demais adjuvantes testados (Figura 5 A). Em termos de controle, esse tratamento mostrou-se inferior aos demais (Tabelas 3 e 4).

Outro fator importante é o pH que, em valores extremos, pode causar instabilidade dos agrotóxicos na calda de pulverização. O pH inadequado pode ocasionar precipitações de componentes da calda, redução da eficiência agrônômica e, em casos extremos,

inativação de ingredientes ativos. Com relação à alteração do pH, os tratamentos T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T9 mantiveram o pH similar ao inicial. Verifica-se que os tratamentos T8, T10, T11, T12 reduziram o pH abaixo de 5, quando da não adição do fungicida. Posteriormente à adição do fungicida, os valores de pH aumentaram (Figura 5B). Para todas as combinações com adjuvantes, a adição do fungicida benzovindifluir + azoxistrobina elevou o pH, evidenciando que na composição se encontram compostos de efeito alcalino e de poder tampão (carbonato de cálcio). Segundo Zambolim (2006), cada fungicida tem um pH ideal e a hidrólise é a reação química comum quando os fungicidas são preparados com água fora do pH ideal de atuação destes.

No caso da fosfatidilcolina e ácido propiônico, também se verificou redução no pH. Não foram observados grandes benefícios com relação ao uso desse produto em termos de controle (Tabelas 3 e 4) e cobertura foliar (Figuras 7 e 8). Conforme Tu & Randall (2003), a fosfatidilcolina é um surfactante anfótero (contém ambas as cargas positivas e negativas) e funciona de modo similar aos não iônicos. São agentes ativadores de superfície capazes de formar em solução aquosa ambas as superfícies, aniônicas e catiônicas, dependendo do pH.

O ajuste do pH das caldas de pulverização de herbicidas pode aumentar a potencialidade e eficiência dos herbicidas por minimizar os efeitos antagônicos de alguns íons na calda, por exemplo, a formação de precipitados. Inoue et al. (2007) relatam o aumento de controle de plantas daninhas com o uso de adjuvantes redutores de pH junto ao glifosato.

Os fertilizantes nitrogenados acrescidos de P_2O_5 (T10, T11 e T12) acidificaram a calda. Segundo Antuniassi (2009), o pH da calda e a dureza da água são fatores que podem influenciar no desempenho fitossanitário, induzindo a inativação ou degradação de alguns ingredientes ativos.

Verificaram-se pequenos acréscimos de controle com o uso de fertilizantes nitrogenados, porém inferiores ao óleo mineral, óleo mineral + adjuvante siliconado e TEPH (Tabelas 3 e 4). As coberturas proporcionadas pelos nitrogenados foram inferiores ao OM e ao SIL.

Em termos práticos, a redução da dose do óleo mineral interfere na cobertura (Figura 8). O volume de 64 L ha^{-1} proporcionou maiores coberturas em comparação a 32 L ha^{-1} , da mesma maneira que a gota fina *versus* a gota média. O fator de espalhamento, advindo do efeito dos adjuvantes, pode aumentar a cobertura quando comparado à somente água com fungicida (Figuras 6 e 7). Isso é explicado pela fórmula de Courshee (1967), na qual aumento de volume e/ou diminuição de tamanho de gota incrementam cobertura.

A adição de adjuvante à calda altera as características físicas das gotas formadas (SOARES et al., 2013). O efeito da adição de um adjuvante não pode ser generalizado, pois existe interação com a ponta de pulverização (CUNHA et al., 2010). Há também situações em que não se verificam diferenças entre adjuvantes para controle da FAS (NASCIMENTO et al., 2012). Nesse caso, não havia nenhum comparativo com adjuvante recomendado. Cunha et al. (2011) avaliaram adjuvantes e pontas de pulverização para o controle de FAS

não sendo verificadas diferenças significativas de controle e na deposição entre os mesmos, mas diferindo do tratamento sem adjuvante. A adição de um adjuvante na calda pode alterar o padrão de gotas; no entanto, seu efeito pode ser positivo ou até mesmo negativo no que se refere à deposição do produto no alvo (AZEVEDO, 2001; LAN et al., 2007).

Para a grande maioria dos fungicidas registrados para a soja, recomenda-se que sejam utilizados adjuvantes à base de óleo (AGROFIT, 2016). De maneira geral, recomendam-se seguir as orientações dos fabricantes expressas nas bulas dos produtos (AZEVEDO, 2011).

Em nível de campo, as pulverizações foram realizadas sob condições adequadas de temperatura, umidade e vento. Resultados diferentes podem ser obtidos com os mesmos adjuvantes sob outras situações de ambiente, cultivares e fungicidas. O efeito dos adjuvantes nas aplicações é um processo complexo, que envolve aspectos físicos, químicos e fisiológicos (DOWNER et al., 1998). Os agrotóxicos possuem afinidades diferentes com os adjuvantes, o que dificulta a generalização quanto à indicação de uso desses produtos (CHOW, 1993).

Grande parte dos problemas advindos da utilização de aditivos de calda origina-se do desconhecimento de sua ação e das implicações de sua utilização (ANTUNIASSI, 2006). Boa parte dos problemas poderia ser minimizada com a especificação dos ingredientes ativos dos adjuvantes nos rótulos dos produtos com sua constituição química. Deveria ocorrer uma padronização e

regulamentação desse segmento no Brasil. O grande problema são custos elevados e o processo segue o mesmo que de um defensivo, tornando o processo moroso, forçando o registro de adjuvantes como se fossem fertilizantes foliares.

5 CONCLUSÕES

Diferentes adjuvantes de calda influenciam a eficácia biológica em nível de campo, o pH, a condutividade elétrica, o depósito e a cobertura foliar em laboratório, quando combinados ao fungicida azoxistrobin + benzovindiflupir.

Os maiores controles são obtidos com o óleo mineral, óleo mineral mais organo siliconado e TEHP. O adjuvante organo siliconado proporciona a maior cobertura. Compostos com P_2O_5 reduzem o pH da calda de pulverização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferrugem-da-soja é uma doença que causa danos sérios à cultura (> 20%) e há necessidade de controle efetivo de maneira a proporcionar maior duração da área verde sadia. Há necessidade de maior entendimento da fisiologia da planta e do patógeno, para estabelecer melhor as estratégias de controle.

É urgente a regulamentação da indústria de adjuvantes, especificando a composição química e seus efeitos. Para melhor uso

dos adjuvantes, faz-se necessário detalhar e aprimorar suas recomendações. Não é possível generalizar o uso de adjuvantes para todas as situações e produtos.

A técnica do sistema de pulverização Dropleg® requer aprimoramentos em termos de equipamento (modificação da haste), maior volume de calda, ajustes de doses e de fungicidas.

No médio prazo, deverá haver um incentivo maior ao uso de cultivares resistentes à ferrugem da soja combinado com o uso de fungicidas eficientes. Há necessidade de combinação de métodos de controle.

Para favorecer a cobertura foliar pelos fungicidas, deve-se indicar o uso de maiores volumes de calda nas pulverizações. Está se privilegiando a logística da pulverização (aumento de velocidade, diminuição de volumes de calda) em detrimento aos aspectos biológicos (cultivar, patógeno,...) e químico (fungicida).

Variações de depósitos de coberturas tem oferecido sub e super dosagens pode estar proporcionando resistência do tipo qualitativa para estrobilurinas e carboxanidas e quantitativa para triazóis.

A má aplicação de fungicidas está aumentando o custo de controle e pode estar comprometendo a via útil dos fungicidas. A adoção de boas práticas agrícolas pode prolongar a vida útil dos mesmos, viabilizando e dando mais competitividade a sojicultura nacional.

REFERÊNCIAS

AGROFIT, *Sistema de Agrotóxicos fitossanitários*, Ministério da Agricultura. 2016. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> . Acesso em: 25 jun. 2016.

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

ALESSIO, D. *Momentos e número de aplicações de fungicidas e seu efeito sobre a duração da área foliar sadia e o rendimento de grãos em soja*. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Deposição de calda em diferentes posições da planta e produtividade da cultura da soja com o uso de barra auxiliar de pulverização. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS E 1519. *Annual Book of ASTM Standards*. Designation E 1519-95, Standard Terminology Relating to Agricultural Tank Mix Adjuvants, v. 11, n. 5, p. 905-906, 1999.

ANTUNIASSI, U. R. *Tecnologia de aplicação de defensivos*. Rondonópolis: Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2004, p. 165-177. (Boletim Técnico de Soja, 2004).

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; BIZARI, I. R. Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5., 2005, Londrina. *Anais...* Londrina- PR: SBI-Agro, 2005.

ANTUNIASSI, U. R. *Tecnologia de aplicação de defensivos*. Botucatu: FCA/UNESP, 2006. 60 p.

_____. *Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja*. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2009, p. 299-317. (Boletim de Pesquisa de Soja 2009).

ARAUJO, M. M. de; VELLO, N. A. Characterization of soybean genotypes for Asian soybean rust reaction. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 10, n. 3, p. 197-203, 2010.

ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; PIPOLO, A.E.; CARNEIRO, G. E. S.; ABDELNOOR, R. V.; RACHID, B. F.; RIBEIRO, A. S. Asian rust in Brazil: varietal resistance. In: KUDO, H.; SUENAGA, K.; SOARES, R. M.; TOLEDO, A. Facing the challenge of soybean rust in South America. *Japan International Research Center for Agricultural Sciences*, Tsukuba, n. 58, p. 29-30, 2008

ARRUE, M. A. *Efeito da chuva em inseticidas associados com adjuvantes e avaliação das suas propriedades físico-químicas*. 2015. 66 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ASABE S572.1 *Droplet Size Classification*. http://cdn2.hubspot.net/hub/95784/file-32015844-pdf/docs/asabe_s572.1_droplet_size_classification.pdf. Acesso em 02 de setembro de 2016.

AZEVEDO, L. A. S. *Proteção integrada de plantas com fungicidas*. São Paulo: Ed. do Autor, 2001. 230 p.

_____. *Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional*. São Paulo: LASA, 2003. 320 p.

_____. *Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas*. Rio de Janeiro: IMOS Gráfica e Editora, 2011. 264 p.

AZEVEDO, L.; CASTELANI, P. *Agricultural adjuvants for crop protection*. Seropédica, UFRRJ, 2013, 213 p.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G.; RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.

BALARDIN, R. S. *Controle de doenças na parte aérea da cultura da soja*. Santa Maria: UFSM, 1999. 20 p.

BALARDIN, R. Influência do volume de calda e pontas e pulverização sobre controle das doenças de final de ciclo de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 29., 2001. Porto Alegre. *Atas e Resumos...* Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001.

BALBINOT, A. A. J.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, C. *Redução do espaçamento entre linhas na cultura da soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Circular Técnica 106).

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000.

BAUER, F. C.; ALMEIDA, E.; MARQUES, D. C.; ROSSI, T.; PEREIRA, F. A. R. Deposição de pontas de pulverização AXI 11002 e JA-2 em diferentes condições operacionais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1610-1614, 2008.

BERGAMIM FILHO, A.; LOPES, D. B.; AMORIM, L.; GODOY, C. V.; BERGER, R. D. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v. 3, p. 132-185, 1995.

BLUM, M.M.C. *Sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas*. 2009. 164 f. (Tese Doutorado Agronomia/Fitopatologia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

BOLLER, W. Parâmetros técnicos para seleção de pontas. *Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas*. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. p. 43.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas- Parte I. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, Passo Fundo, v. 15, p. 243-267, 2007.

BOLLER, W.; WITT, J. S. S.; BRUGNERA, E.; MOURA, B. Aplicações de fungicidas na cultura da soja em diferentes horários do dia, com e sem auxílio à barra de pulverização. In: SINTAG-SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 6., 2013, Londrina. *Anais...* Londrina: SINTAG, 2013.

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JUNIOR, E. K.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008.

BRASIL. *Decreto n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002*. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074compilado.htm>. Acesso em: 22 maio 2016.

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science*, Madison, v. 20, n. 2, p. 254-255, 1980.

BUKOVAC, M. J.; PETRACEK, R.; FADER, R. G.; MORSE, R. D. Sorption of organic compounds by plants cuticle. *Weed Science*, Champaign, v. 38, n. 3, p. 289-298, 1990.

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. Merrill)*. 2007. 80 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. *Introduction to plant disease epidemiology*. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532p.

CANTERI, M. G. *Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro*. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, ESALQ, 1998.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-AGRI: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CBAA. Método n. 46 - Proteína Bruta - Método Kjeldahl recebimento em ácido bórico. *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal*, p. 171-179, 2013.

CHECHI, A. *Interações entre área foliar, volumes de calda e doses de fungicidas na persistência e no controle de doenças em soja*. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

CHEVARRIA, V. V.; DEL PONTE, E. M.; JAHNKE, S. M. Número de gerações de um percevejo e seu parasitoide e da severidade da ferrugem asiática em soja, simulados em cenários de clima e manejo no norte do RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 571-578, 2013.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES JUNIOR, M.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

CHOW, P. N. P. Adjuvants in spray formulation in relation to foliar application of herbicides. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. (Ed.). *Application technology for crop protection*. Wallingford: CAB, 1993. p. 291-304.

CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*. Safra 2015/16. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_16_49_15_boletim_graos_junho_2016_-_final.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

COSTA, D. I. *Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho*. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. P. Perda de rendimento em grãos de soja causada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, p. 100, 2002.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.). *Fungicide: an advanced treatise*. New York: Academic Press, 1967. p. 239-286.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, R. A. M. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização em função da pressão de trabalho e altura da barra. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 52-58, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. da; COELHO, L.; ARAÚJO, R. G. C. Spray nozzle and adjuvant effects on fungicidal control of soybean Asian rust. *Interciencia*, Caracas, v. 35, n. 10, p. 765-768, 2010. Disponível em: <http://www.interciencia.org/v35_10/indexp.html>. Acesso em: 22 maio 2016.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

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

CURRAN, W. S.; MCGLAMERY, M. D.; LIEBI, R. A.; LINGENFELTER, D. D. Adjuvants for enhancing herbicide performance. *Agronomy Facts 37. Penn State College of Agricultural Sciences*, Pennsylvania, p. 1-5, 1999.

DALLA FAVERA, D. *Pontas de pulverização e taxas de aplicação sobre o controle da ferrugem asiática da soja em diferentes cultivares de soja*. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DANELLI, A. L. D. *Desenvolvimento e danos da ferrugem da soja em cultivares com reação diferenciada à doença*. 2012. 192 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

DANELLI, A. L. D.; REIS, E. M.; BOARETTO, C. Critical-point model to estimate yield loss caused by Asian soybean rust. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 41, n. 4, p. 262-269, 2015.

DEBORTOLI, M. P. *Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja*. 2008. 57 f.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

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

DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; HAMMOND, R. B.; DORRANCE, A. E.; SPONGBERG, A. L. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume, and air-assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy. *American Society of Agricultural and Biological Engineers ASABE*, St. Joseph, v. 51, n. 5, p. 1529-1537, 2008.

DOWNER, R. A.; HALL, F. R.; THOMPSON, R. S. Temperature effects on atomization by flat-fan nozzles: implications for drift management and evidence for surfactant concentration gradients. *Atomization Sprays*, New York, v. 8, n. 3, p. 241-254, 1998.

EMBRAPA TRIGO. Informações meteorológicas. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. *Stages of soybean development*. Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University, Ames, Iowa. 1977. Disponível em: <<http://soysim.unl.edu/soybeanphenologydescriptions.shtml>>. Acesso em: 1 maio 2016.

FERREIRA, M. C. *Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja e interações com diferentes arranjos espaciais da cultura*. 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

FIALLOS, F. R. G. *Efeito de programas de aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem, no seu controle e na área foliar*. 2010. 100

f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

FRAC. *Fungicide Resistance Action Committee*. Disponível em: <<http://www.frac.info>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

FREIRE, M. C. M.; OLIVEIRA, L. O.; ALMEIDA, A. M. R.; SCHUSTER, I.; MOREIRA, M. A.; LIEBENBERG, M. M.; MIENIE, C. M. S. Evolutionary history of *Phakopsora pachyrhizi* (The Asian soybean rust) in Brazil based on nucleotide sequences of the internal transcribed spacer region of the nuclear ribosomal DNA. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 31, p. 920-931, 2008.

FRITZ, B.K., HOFFMANN, W.C., CZACZYK, Z., BAGLEY, W, KRUGER, G. HENRY, R. Measurement and classification methods using the ASAE S572.1 reference nozzles. *Journal of Plant Protection Research*, Poznan, v. 52, n. 4, p. 447-457, 2012.

GARCIA, A.; CALVO, E. S.; KIIHL, R. A. S.; 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. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlim, v. 117, p. 545-553, 2008.

GASKIN, R. E.; ZABKIEWIC, Z. Effect of plant age and adjuvant on the foliar penetration and translocation of glyphosate in pampas grass (*Cortadeira selloana*). In: FOY, C. L. *Adjuvants for agrichemicals*. Boca Raton: Library of Congress, 1992. P. 399-403.

GENT, D. H.; SCHWARTZ, H. F.; NISSEN, S. J. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. *Plant Disease*, St Paul, v. 87, p. 591-597, 2003.

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, v. 29, p. 97-101, 2004a.

_____. Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercopora na produtividade da cultura da soja. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 29, p. 526-531, 2004b.

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

GODOY, C. V.; DEL PONTE, E.; CANTERI, M. G. Epidemiologia da ferrugem da soja. In: WORKSHOP DE EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS. São Paulo. *Workshop...* São Paulo, USP-Esalq, 2007a. p. 77-81.

GODOY, C. V.; SALINET, L. H.; PAZUCH, D.; MARAINI, D. Inibição da fotossíntese em folhas de soja infectadas por *Phakopsora pachyrhizi*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 32, p. 211, 2007b.

GODOY, C. G.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; ROESE, A. D.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; BORGES, E. P.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FEKSA, H. R.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; MADALOSSO, M.; ITO, M. F.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. H.; MONTECELLI, T. D. N.; CARLIN, V. J.; BARROS, V. L. P.; VENANCIO, W. S. *Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2012/13*. In: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 8 p. (Circular Técnica, 99).

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; 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.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; MADALOSSO, M.; ITO, M. F.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. H.; MONTECELLI, T. D. N.; CARLIN, V. J.; BARROS, V. L. P.; VENANCIO, W. S. *Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2013/14*. In: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 7 p. Embrapa Soja. (Circular Técnica, 103).

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 JÚNIOR, E. R.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FEKSA, H. R.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; MADALOSSO, 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*. In: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 6 p. (Circular Técnica, 111).

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D.; SOARES, R. M.; GUIMARÃES, F. C. M.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016.

GREEN, J. M. Using adjuvant physicochemical properties to improve herbicide performance. Proc. Third Int. *Weed Science Congress*. jun. 2000.

GUBIANI, E. I. *Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de semeadura e arranjo de plantas*. 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GÜTHS, G. *Uso de adjuvante siliconado em substituição total ou parcial do óleo mineral na aplicação de fungicidas em soja e milho*.

2013. 151 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. *Compendium of Soybean diseases*. 4th ed. APS - The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA, 1999. 100 p.

HARTWIG, E. E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to rust in soybean. *Crop Science*, Madison, v. 26, p. 1135-1136, 1986.

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

HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; SILVA, J. A. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 35, n. 2, p. 96-103, 2010.

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 Phytopathologica*, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 248-250, 2010.

HOFFMANN L.L.; FONTANA E.; BEDIN, A.; FERON, R.; BOLLER, W. Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) com baixo volume de calda. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação, 7., 2015, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: SINTAG 2015.

INOUE, M. H.; KOMATSU, R. A.; GUERREIRO, R. M.; DALLACORT, R.; SANTANA, D. C.; SANTANA, C. T. C. Adição de redutores de pH e doses de glyphosate na dessecação de plantas daninhas. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Londrina, v. 6, n. 1, p. 22-31, abr. 2007.

KANTOLIC, A. G.; CARMONA, M. A. Bases ecofisiológicas para a geração do rendimento: relação do efeito de doenças foliares e com o uso de fungicidas em soja In: REIS, E. M.; CASA, R. T. *Doenças da soja*. Passo Fundo: Berthier, 2012. p. 13-54.

KAUL, V. P.; GEBAUER S.; NEUKAMPF, R.; GANZEIMEIER, H. Modeling of direct drift of plant protection products– Field sprayers. (In German). *Nachrichtenbl. Deut.Pflanzenschutzd*, v. 48, n. 2, p. 21-31, 1996.

KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. *Pesticide Science*, v. 55, n. 1, p. 69-77, 1999.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B. (Org.). *Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias*. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 38-51.

KOCHMAN, J.K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). *Australian Journal Agricultural Research*, v. 30, p. 237-277, 1979.

KOGA, L. J.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V. Relação entre medidas de refletância e área foliar sadia, severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 4, p. 571-580, 2007.

KUMIDINI, S.; GODOY, C. V.; BOARD, J. E.; OMIELAN, J.; TOLLENAAT, M. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction. *Crop Science*, Madison, v. 48, p. 2334-2341, 2008.

LAN Y.; HOFFMANN, W. C.; FRITZ, B. K.; MARTINS, D. E.; LOPEZ, L. E. *Drift reduction with drift control adjuvants*. ASABE. St. Joseph, USA, 2007. 14 p. (paper n. 071060).

LANGENBACH, C.; CAMPE, R.; BEYER, S. F.; MUELLER, A. N.; CONRATH, U. Fighting Asian Soybean Rust. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, p. 1-14, 2016.

LAZARINI, E.; DE SÁ, M. E.; FERREIRA, R. C. Acúmulo de matéria seca em plantas de soja durante os estádios reprodutivos e qualidade fisiológica de grãos colhidas em diferentes fases do desenvolvimento. *Revista Brasileira de Grãos*, v. 22, n. 1, p. 153-162, 2000.

LI, S.; SMITH, J. R.; RAY, J. D.; FREDERICK, R. D. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 125, p. 133-142, 2012.

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

McMULLAN, P. M. Utility adjuvants. *Weed Technology*, Champaign, v. 14, p. 792-797, 2000.

MADALOSSO, M. G. *Espaçamento entrelinhas e pontas de pulverização no controle de Phakopsora pachyrhizi* Sidow. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MADALOSSO, M. G.; DOMINGUES, L. S.; DEBORTOLI, M. P.; LENZ, G.; BALARDIN, R. S. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2256-2261, 2010.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by urediospores of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 66, n. 4, p. 461-463, 1976.

McLEAN, R. J.; BYTH, D. E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 31, p. 951-956, 1980.

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

MELO, A. A. *Efeito da chuva em inseticidas associados com adjuvantes e avaliação das suas propriedades físico-químicas*. 2015. 66 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

NALEWAJA, J. D. Esterified seed oil adjuvants. *Proceedings North Central. Weed Science Society*, Champaign, v. 49, p. 149-156, 1994.

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

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; 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.

NORSWORTHY, J. K.; SHIPE, E. R. Effect of row spacing and soybean genotype on mainstem and branch yield. *Agronomy Journal*, Madison, v. 97, n. 3, p. 919-923, 2005.

OGLE, H. J.; BYTH, D. E.; McLEAN, R. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in South-eastern Queensland. *Australian Journal Agriculture Research*, v. 30, p. 883-893, 1979.

OLIVEIRA, A. C. B.; GODOY, C. V.; MARTINS, M. C. Avaliação da tolerância de cultivares de soja a ferrugem asiática no Oeste da Bahia. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 30, p. 658-662, 2005.

OLIVEIRA, R. B. *Caracterização de adjuvantes em soluções aquosas*. 2011. 122 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OZKAN, H. E. *Best spraying strategies to fight against Soybean Rust*. 2005. Em: <http://www.jacto.com/soybean_rust.html>. Acesso em: 23 jun. 2016.

OZKAN, H. E.; ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; GULER, H.; KRAUSE, C. Evaluation of various spraying equipment for effective application of fungicides to control Asian soybean rust. *Aspects of Applied Biology*, Warnwick, v. 77, n. 1, p. 1-8, 2006.

PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 17, p. 203-222, 1997.

PASTORELLO, M.; RUFFATO, S.; BONALDO, S. M. ARFELI, M. J. Variação do volume de aplicação de fungicidas no controle de doenças e no rendimento da soja. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola 43., 2014, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: CONBEA, 2014.

PENNER, D. Activator adjuvants. *Weed Technology*, Lawrence, v. 14, p. 785-791, 2000.

PIEROZZI, P. H. B.; RIBEIRO, A. S.; MOREIRA, J. U. V.; LAPERUTA, L. D. C.; RACHID, B. F.; LIMA, W. F.; ARIAS, C. A. R.; OLIVEIRA, M. F.; TOLEDO, J. F. F. New soybean (*Glycine max* Fabales, Fabaceae) sources of qualitative genetic resistance to Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinales, Phakopsoraceae). *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 31, p. 505-511, 2008.

PIRES, J. L. F., COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

POVH, F.P.; ANJOS, W.P.G. Influência da taxa de aplicação no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação, 7., 2015, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: SINTAG, 2015.

PRADO, E. P. "Canopy Opener" e assistência de ar no controle da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja. – Botucatu: [s.n.], 2012, 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

PRADO, E. P.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JÚNIOR, H. O.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S.; GIMENES, M. J.; ARAÚJO, D. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2010.

RADIN, B.; BERGAMASCHI, H.; REISSER JUNIOR, C.; BARNI, N. A.; MATZENAUER, R.; DIDONÉ, I. A. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1017-1023, 2003.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 33, p. 105-106, 2007.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCINELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. *Scientia Agrária*, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 79-85, 2002.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato

do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 33-40, 2004.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MICHEL, C. Ocorrência de epidemia da ferrugem da soja no Rio Grande do Sul na safra 2001/2002. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, p. 198, 2002.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. *Doenças da soja: ferrugem asiática*. Passo Fundo: Ed. da UPF, 2006. 48 p.

REIS, E. M. *Crítérios indicadores do momento para a aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo*. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2009. 148 p.

REIS, E. M.; DEUNER, E.; ZANATTA, M. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas triazóis e estrobilurina in vivo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 21-24, 2015.

RHEINHEIMER, D. S.; SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio grande do sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

ROEHRIG, R.; BOLLER, W.; CHECHI, A.; HOFFMANN, L.; ZUCHELLI, E. Comportamento da epidemia de ferrugem-asiática da soja frente a níveis de cobertura da superfície foliar por fungicidas. In: Reunião de Pesquisa da Soja - Região Sul, 41., 2016, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: Reunião de Pesquisa da Soja - Região Sul, 2016.

RÜEGG, J.; TOTAL, R. *Dropleg-Application Technique for better targeted sprays in row crops Introduction and Hints for Growers and Advisers*. Agroscope, Wädenswil, 2013. 27 p.

SANTOS, T. L. Soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. *Manual de fisiologia de cultivos*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. p. 157-175.

SCAPIN, M. S.; RAMOS, H. H.; BUCKER, D. C. M.; CHUBACI, C. F.; AGUIAR, V. C. Efeito espalhante de diferentes adjuvantes

utilizados em pulverizações agrícolas. In: Simpósio Internacional de Tecnologia da Aplicação, 6., 2013, Londrina. *Anais...* Londrina: SINTAG 2013.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G. Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 63, n. 6, p. 515-521, 2006.

SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V. Vazio sanitário: panorama nacional e medidas de monitoramento Simpósio brasileiro de ferrugem asiática da soja. In: Simpósio Brasileiro de ferrugem asiática da soja, 2007, Londrina. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 23-33.

SHIBLES, R. M.; ANDERSON, I. C.; GIBSON, A. H. Soybean. In: EVANS, L. T. *Crop physiology: some case histories*. London: Cambridge University, 1975. p. 151-189

SILVA, A. C. A. *Desempenho de adjuvantes na qualidade da aplicação e na retenção e translocação de fungicida na cultura da soja*. 2014. 61 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

SOARES, A. M. L.; ALMEIDA, F. S.; FERREIRA, M. C.; CARVALHO, G. F. G. O uso de adjuvante altera o espectro de gotas em caldas pulverizadas? In: Simpósio Internacional de Tecnologia da Aplicação, 6., 2013, Londrina. *Anais...* Londrina: SINTAG 2013.

SOARES, R. M.; AKAMATSU, H.; YAMANAKA, N.; SUENAGA, K.; YAMAOKA, Y.; IVANCOVICH, A.; MOREL, W.; JANEGITZ, T. Variabilidade patogênica do fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Parte I- Projeto ferrugem da soja. In: GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M. *Reunião do consórcio antiferrugem safra 2008/2009*. Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 93-101. (Documentos, 315).

SOARES, R. M.; RUBIN, S. A. L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELAME, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

SPANOGHE, P.; SCHAMPHELEIRE, M.; MEEREN, P. V.; STEURBAUT, W. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. *Pest Management Science*, London, v. 63, p. 4-16, 2007.

STICKLER, W. E. The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry. In: FOY, C. L. (Ed.). *Adjuvants for Agrochemicals*. New York: Marcell Dekker, 1992. p. 247-249.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, J. P. F.; RAMOS, M. T. B.; MORAES, R. M.; FARACO, M. H.; MASCARENHAS, H. A. A. Acúmulo de substâncias de reserva em grãos de soja. I. Matéria seca, óleo e ácidos graxos. *Bragantia*, Campinas, v. 44, n. 1, p. 295-309, 1985.

TORMEN, N. R.; SILVA, F. D. L.; DEBORTOLI, M. P.; UEBEL, J. D.; FÁVERA, D. D.; BALARDIN, R. S. Deposição de gotas no dossel e controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* na soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 802-808, 2012.

TRADOS, T. F. *Applied surfactants: principles and applications*. Wokingham. Editora Weinheim, 2005. 633 p. <Disponível em: <<http://www.worldcat.org/title/applied-surfactants-principles-and-applications/oclc/162128924/viewport>>. Acesso em: 1 jun. 2016.

TEEJET. *Guia de seleção de pontas*. Disponível em: <<http://www.teejet.it/portuguese/home/products/spray-products/broadcast-spray-nozzles/xr-teejet.aspx>> Acesso em: 1 jun. 2016.

TEIXEIRA, J. P. F.; RAMOS, M. T. B.; MORAES, R. M.; FARACO, M. H.; MASCARENHAS, H. A. A. Acúmulo de substâncias de reserva em grãos de soja. I Matéria seca, óleo e ácidos graxos. *Bragantis*, Campinas, v. 44, p. 295-309, 1985.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J. M. *Weed control methods handbook the nature conservancy*. Davis: TNC, 2003. p. 1-24.

TWIZEYIMANA, M.; OJIAMBO, P. S.; IKOTUN, T.; PAUL, C.; HARTMAN, G. L.; BANDYOPADHYAY, R. Comparison of field, greenhouse, and detached-leaf evaluations of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Disease*, St. Paul, v. 91, p. 1161-1169, 2007.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. (Embrapa Trigo, Documentos Online, 56).

VIDAL, R. A.; LAMEGO, F. R. Fisiologia vegetal e a tecnologia de aplicação de defensivos, 2011. In: ANTUNIASSI, U.; BOLLER, W.(Org.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, 2011. p. 189-202.

VIERO, V. C.; FORCELINI, C. A. Aplicações curativas de fungicidas e seus efeitos sobre infecções latentes da ferrugem asiática em soja. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 32, p. 219-219, 2007.

VILLALBA, J. F.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

VILELA, C. M.; CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; GANDOLFO, U. D.; JESUS, M. G.; MOTA, A. A. B. Ângulo de contato e tensão superficial de gotas de caldas contendo fungicidas e adjuvantes depositadas em superfície. In: Simpósio Internacional de Tecnologia da Aplicação, 6., 2013, Londrina. *Anais...* Londrina: SINTAG 2013.

WAGGONER, P. E.; BERGER, R. D. Defoliation, disease and growth. *Phytopathology*, St. Paul, v. 77, p. 393-398, 1987.

WANG, C. J.; LIU, Z. Q. Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, San Diego, v. 87, n. 1, p. 1-8, 2007.

WITT, J. S. S.; BOLLER, W.; ARAÚJO, E. C.; RODIGHIERO, C. P.; MALDANER, H.; CECCON, R. Desenvolvimento de mecanismo para auxiliar a deposição de gotas no interior do dossel da cultura da soja com pulverizador de barras. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 37., 2009, Porto Alegre. *Atas e resumos...* Porto Alegre: UFRGS, 2009.

WITT, J. S. S.; BOLLER, W.; MALDANER, H.; CECCON, R.; ARTUZI, C. M. Mecanismo de cortina de correntes para pulverizador de barras aumenta o controle da ferrugem da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 38., 2010, Cruz Alta, RS. *Atas e resumos...* Fundacep, Cruz Alta, 2010.

YANG, X. B.; TSCHANZ, A. T.; DOWLER, W. M.; WANG, T. C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 81, p. 1420-1426, 1991.

YORINORI, J. T. Situação atual das doenças potenciais no cone sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. *Anais...* Londrina, PR: Embrapa Soja, 2002. p. 171-187.

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. *Ferrugem asiática da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle*. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 36 p.

YORINORI, J. T.; YUYAMA, M. M.; SIQUERI, F. V. Doenças da soja. *Boletim de pesquisa de soja 2013/2014*. Rondonópolis: Fundação MT, 2014. p. 174-22. (Boletim, 16).

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. *Plant Disease*, St Paul, v. 89, p. 675-677, 2005.

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

ZAMBOLIM, L. Manejo integrado da ferrugem asiática da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 73-98.

ZANATTA, T. Efeito de fungicidas no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi*. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; OZKAN, H. E.; REDING, M. E.; KRAUSE, C. R. Development of a canopy opener to improve spray deposition and coverage inside soybean canopies. 2. Opener design with field experiments. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v. 51, n. 6, p. 1913-1922, 2008.

APÊNDICES

Apêndice 1. Estádios reprodutivos da soja

Table 6.1. Soybean Reproductive Stages as Defined by Fehr and Caviness (1977).		
Stage ID	Description of Developmental Stage (abbreviated stage title in bold)	Duration of Growth Stage (days) †
R1	Beginning bloom — One open flower at any node on the main stem.	R1 through R4 20 – 45
R2	Full bloom — An open flower at one of the two uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf.	
R3	Beginning pod — Pods are 3/16 inch (5 mm) at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf.	
R4	Full pod — Pods are 3/4 inch (2 cm) at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf.	
R5	Beginning seed — Pod at one of the four uppermost nodes on the main stem contains seeds that are 1/8 inch (3 mm) long.	R5 through R6 25 – 45
R6	Full seed — Pod at one of the four uppermost nodes on the main stem contains green seeds that fill the pod cavity.	
R7	Beginning maturity — One normal pod on the main stem has reached its mature pod color.	R7 to R8 7-18
R8	Full maturity — 95 percent of the pods have reached their full mature color.	

† Data are compiled from Board and Setimmi, 1986; Egli, 1994; Egli and Bruening, 2000; Kumudini, 1999 on MGs 00-VII. The duration of a growth stage is dependent on variety/maturity group (MG), latitude, planting date, and temperature. The durations are shorter for early MGs, later planting, and higher temperatures.

Apêndice 2- Classificação do tamanho de gotas.

STANDARD MEASURE AND INTERPRET SPRAY QUALITY

Spray quality*	Size of Droplets	VMD Range (Microns**)	Color code	Retention on Difficult to Wet Leaves	Used for	Drift potential
Extremely fine	Small ↓	< 60	Purple	Excellent	Exceptions	High ↓
Very fine		61-105	Red	Excellent	Exceptions	
Fine		106-235	Orange	Very good	Good cover	
Medium		236-340	Yellow	Good	Most products	
Coarse		341-403	Blue	Moderate	Systemic herbicides	
Very coarse		404-502	Green	Poor	Soil herbicides	
Extremely coarse		503-665	White	Very poor	Liquid fertilizer	
Ultra coarse	Large	>665	Black	Very poor	Liquied fertilizer	Low

ASABE S572.1: The American Society of Agricultural and Biological Engineers.

*Always read the pesticide label to determine which spray quality required.

**Estimated from sample reference graph in ASABE/ANSI/ASAE Standard S 572.1

Apêndice 3. Matriz de coeficientes de correlação e probabilidades entre as variáveis.

AACPFAS	DAF	DAFS	Leg/pl.	Sem/leg.	Sem/pl.	MMS	Rend.	Prot	Óleo
AACPFAS	1								
DAF	-0,81*	1							
DAFS	-0,90**	0,98**	1						
Leg/pl	-0,98**	0,76*	0,86**	1					
Sem/leg	-0,67 ^{ns}	0,74*	0,74*	0,52 ^{ns}	1				
Sem/pl.	-0,98**	0,84**	0,91**	0,93**	0,69 ^{ns}	1			
MMS	-0,98**	0,83*	0,91**	0,96**	0,59 ^{ns}	0,96**	1		
Rend.	-0,97**	0,80*	0,89**	0,94**	0,67 ^{ns}	0,93**	0,95**	1	
Prot.	-0,15 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1
Óleo	-0,79*	0,48 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,72*	0,60 ^{ns}	0,80*	0,75*	0,69 ^{ns}	-0,31 ^{ns}

** : significativo 1%, * : significativo 5%, n.s. : não significativo. AACPFASR: Área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática da soja, DAF: Duração área foliar; DAFS: Duração Área Foliar Sadia; Leg/pl: legumes por planta, Sem/leg: sem entes por legume, sem/pl: sementes por planta, mms: massa de mil sementes, Rend: rendimento de sementes, Prot: proteína.

Apêndice 4a. sistema de semeadura com espaçamento reduzido, safra 2013/2014. (Hoffmann, 2014).



Apêndice 4b. Diferentes espaçamentos entre linhas, com mesma densidade de plantas. Nos estádios VC, V2 e V5 na safra 2013/2014. (Hoffmann, 2014).



0,17m

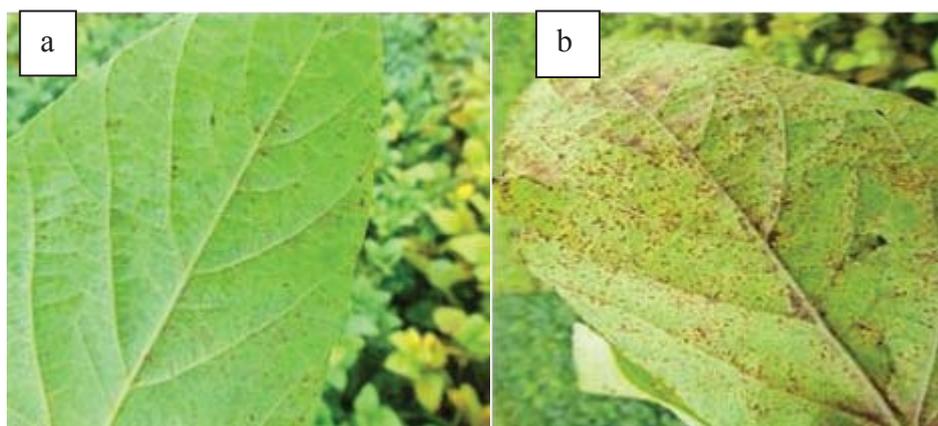
0,34m

0,51m

Apêndice 4c. Vista geral dos nesaaios de espaçamentos, cultivares e sistemas de aplicação. Safra 2013/2014.



Apêndice 5. Lesões do tipo RB (a) na cultivar Syn 1365RR e do tipo TAN (b) nas cultivares Syn 1363 na safra 2014/2015 . Passo Fundo, 2014/2015. Foto: Hoffmann, 2015.



Apêndice 6 - Sistema DROPLEG® em operação.



Foto: Hoffmann, 2014.

Anexo 8. Avaliação de cobertura com o uso do traçante e fotografia.



Apêndice 7. Nome comercial de adjuvantes, composição, concentração e doses usadas. Passo Fundo, 2016

Trat.	Produto	Conc. %	Dose L.ha ⁻¹	Nome comercial	Empresa
T1	Testemunha	-	-	-	-
T2	Só fungicida	-	-	Elatus WG	Syngenta
T3	Óleo mineral parafínico (OMP)	42,8	0,6	Nimbus	Syngenta
T4	Óleo mineral parafínico (OMP)	42,8	0,3	Nimbus	Syngenta
T5*	OMP + organo siliconado	42,8 + 100	0,3+0,05	Nimbus + Breaktrhu	Syngenta + Evonik
T6	Organo siliconado (Sil)	100	0,1	Break -Trhu	Evonik Degussa
T7	Ésteres ac. fosfórico (TEHP)	80	0,25	Ribon	Syngenta
T8	Lecitina e ácido propiônico (Lec+AcPr)	71,18	0,15	LI 700	De Sangosse
T9	Fertilizante N+Bo + óleo laranja (OL)	1+0,2 +n.d	0,15	Orobor N1	ORO Agri
T10	Fertilizante N+P ₂ O ₅ + dispersante (D)	10+ n.d	0,075+0,15	Aller Biw + Desadere	Forquímica
T11	Fertilizante N+P ₂ O ₅	10 + 10	0,15	Tensor Plus	Nutritop
T12	Fertilizante N	20	1,0	A20	Dimicron

* Mistura em tanque, dose: produto comercial, n.d. não determinado; organo siliconado: copolímero poliéster-polimetil siloxano.