

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRUNO ZUNTINI

**ASSOCIAÇÃO DO MANCOZEBE COM TRIAZÓIS E  
ESTROBILURINAS NO CONTROLE DO MÍLDIO E DA FERRUGEM ASIÁTICA DA  
SOJA**

CHAPADÃO DO SUL – MS  
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRUNO ZUNTINI

**ASSOCIAÇÃO DO MANCOZEBE COM TRIAZÓIS E  
ESTROBILURINAS NO CONTROLE DO MÍLDIO E DA FERRUGEM ASIÁTICA DA  
SOJA**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Rita de Cássia Félix Alvarez

Coorientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Gustavo de Faria Theodoro

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Mato  
Grosso do Sul, para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia, área  
de concentração: Produção Vegetal.



Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Campus de Chapadão do Sul



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Bruno Zuntini

ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dra. Rita de Cassia Félix Alvarez

**ASSOCIAÇÃO DO MANCOZEBE COM TRIAZÓIS E ESTROBILURINAS NO  
CONTROLE DO MÍLDIO E DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.**

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rita de Cassia Félix Alvarez

Prof.<sup>o</sup> PhD. Walber Luiz Gavassoni

Prof.<sup>o</sup> Dr. Aginaldo José Freitas Leal

Chapadão do Sul, 07 de Novembro de 2014

A Deus e aos meus pais,  
**Dedico, Ofereço e Agradeço**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por guiar meus passos em todos os momentos de minha vida e me permitir chegar até aqui.

Aos meus pais e irmãs por confiarem, rezarem e acima de tudo torcerem muito pelo meu sucesso, sendo sempre os meus melhores amigos.

A minha esposa querida e amada Roberta Soares Machado por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida, sejam eles fáceis ou difíceis, o mais puro agradecimento.

À minha orientadora professora Dra. Rita de Cássia Felix Alvarez pelos valiosos ensinamentos acadêmicos, amizade, correções, paciência e confiança durante todo o período de condução deste trabalho, meu profundo apreço.

Ao professor Dr. Gustavo de Faria Theodoro pela participação e orientação em todas as etapas deste trabalho, além das várias conversas amistosas que tivemos, meu enorme agradecimento.

Ao professor Dr. Cassiano Roque pelo auxílio na coordenação do curso, me auxiliando muitas vezes a distância com toda a paciência e vontade de ajudar o próximo que lhe são intrínsecos.

Ao técnico administrativo Sinomar, pela ajuda nos processos burocráticos que se fizeram necessários, sempre com sua cordialidade peculiar.

A todo o quadro de professores e alunos do Programa de Pós-Graduação do CPCS pelo companheirismo durante toda essa jornada.

Ao meu estagiário e amigo Hugo Matheus de Araújo, pelo auxílio durante a montagem e condução de todo o ensaio à nível de campo, meu sincero agradecimento. Aos meus grandes amigos de Chapadão do Sul: Douglas, Thiago, Allison, Carlinhos, Junior, Daniel, Paulo e todos os demais pelas ótimas recepções e apoio concedidos nas viagens para essa querida cidade.

As pessoas mais importantes de minha vida: Abílio Roberto Zuntini, Sirdelei Aparecida Scoparo Zuntini, Danieli Viscardi Zuntini, Roberta Zuntini de Lima Araújo e Roberta Soares Machado, junto aos cunhados e sobrinhos. Obrigada por existirem!

A todos aqueles que, de uma maneira ou outra, prestaram o seu apoio e incentivo para realização desse trabalho. Meu profundo muito obrigado!

## EPÍGRAFE

*"Seja quem você for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá".*

**Ayrton Senna**

## RESUMO

ZUNTINI, Bruno. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Associação do mancozebe com triazóis e estrobilurinas no controle do Míldio e da Ferrugem Asiática da Soja.

Professora Orientadora: Rita de Cássia Félix Alvarez

A ferrugem asiática da soja (FAS) é a doença mais importante da cultura da soja. O míldio também é uma doença que vem ganhando destaque nas últimas safras, particularmente em regiões de clima úmido. Deste modo, esse trabalho objetivou avaliar a eficácia de fungicidas pertencentes a três diferentes modos de ação (sistêmico, meso-sistêmico e protetor), aplicados isolados ou conjuntamente, no controle do míldio e da FAS. Realizou-se o experimento a campo, no delineamento de blocos casualizados, constituído de sete tratamentos e quatro repetições. Os produtos utilizados pertenciam aos grupos químicos dos triazóis (difeconazole, tebuconazole e ciproconazole), estrobilurina (azoxystrobina), benzimidazóis (carbebndazim) e dos etilenobistidiocarbamatos (mancozebe), aplicados em duas épocas: estágio vegetativo e reprodutivo da cultura. Os parâmetros avaliados foram: severidade das doenças baseado em escalas diagramáticas, fitotoxidez, eficácia dos produtos, desfolha, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos. Para ambas as doenças, os tratamentos que receberam três grupos químicos distintos de fungicidas (triazóis + estrobilurinas + protetor) mostraram-se mais eficientes na redução da severidade e desfolha, incrementando a eficácia do controle das tradicionais misturas duplas (triazóis + estrobilurinas) e aumentando a produtividade de grãos da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max* L.. *Phakopsora pachyrhizi*. *Peronospora manshurica*

## ABSTRACT

ZUNTINI, Bruno. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Association of fungicide mancozeb with triazoles and strobilurins on Downy Mildew and Asian Soybean Rust control.

Author: Bruno Zuntini

Adviser: Rita de Cassia Félix Alvarez

Asian soybean rust (ASR) is the most important disease of soybeans in Brazil. Downy mildew has also been in the spotlight, especially under wet weather areas. Thus, the goal of this study was to evaluate the efficacy of fungicides belonging to three different modes of action (systemic, non-systemic and protector), combined or individually applied, for Downy Mildew and ASR control. The experiment was established in the field, in randomized block design, composed by seven treatments and four repetitions. The products utilized were part of the triazole group (difeconazole, tebuconazole and ciproconazole), strobilurin (azoxystrobin), benzimidazoles (carbendazim) and ethylene dithiocarbamate, applied in two times: vegetative and reproductive stages. The parameters evaluated were: disease severity based on diagrammatic scales, phytotoxicity, product effectiveness, defoliation, number of pods per plant, number of grain per pod and grain yield. For both diseases, treatments in which three different chemical groups were applied (triazole + strobilurin + protector) showed more efficiency reducing severity and defoliation, increasing efficacy in the control of the traditional mixtures (triazole + strobilurin) and enhancing grain crop yield.

**KEY-WORDS:** *Glycine max L.*, *Phakopsora pachyrhizi*, *Peronospora manshurica*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		PÁGINA
1	Sintomas e sinais característicos do míldio na face adaxial do folíolo (A), na face abaxial do folíolo esporângios de <i>P. manshurica</i> (B), sementes com incrustações de oósporos (C) esporângios e esporangióforos (D).....	18
2	Pústulas de <i>P. pachyrhizi</i> agrupadas na face abaxial da folha (A), uredosporos de coloração hialina prontos para serem levados pelo vento (B), microporos abertos pelas urédias para liberação dos uredosporos (C) sintomas característicos da doença na face superior das folhas (D).....	21
3	Fórmula estrutural do ingrediente ativo mancozebe.....	24
4	Dados de precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (%) registrados no Centro de Pesquisas Agropecuárias-CPA no período de Outubro de 2013 a Abril de 2014.Rio Verde - GO, Safra 2013/14.....	44

## LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Número dos tratamentos, time de aplicação, estágio fenológico da cultura no momento da aplicação, ingredientes ativos, concentração e dose dos produtos comerciais utilizados, além dos seus respectivos modos de ação. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	35
2	Datas, estágio fenológico e altura da cultura no momento das avaliações. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	36
3	Severidade de míldio da soja em duas épocas de avaliações e eficácia de controle dos produtos após aplicações de diferentes fungicidas no estágio vegetativo da cultura. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	39
4	Severidade da ferrugem asiática da soja em quatro épocas de avaliação e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) após aplicação de diferentes fungicidas no período reprodutivo da cultura. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	41
5	Eficácia de controle da ferrugem asiática da soja em quatro épocas de avaliação sobre aplicação de diferentes fungicidas. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	43
6	Severidade da fitotoxidez causadas após aplicações de diferentes fungicidas via foliar. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	45
7	Desfolha de soja ocasionada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> aos 14 dias após a última aplicação de diferentes fungicidas via foliar. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	47
8	Componentes de produção e produtividade de plantas de soja após aplicação de diferentes fungicidas via foliar. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.....	48

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 A cultura da Soja.....	14
2.2 Danos Causados por Doenças.....	15
2.3 Míldio da Soja.....	16
2.3.1 Etiologia e classificação.....	16
2.3.2 Sintomatologia do míldio da soja.....	17
2.3.3 Controle químico.....	18
2.4 Ferrugem Asiática da Soja .....	19
2.4.2 Sintomatologia e importância econômica .....	20
2.4.3 Controle químico .....	22
3 REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 1 – ASSOCIAÇÃO DO MANCOZEBE COM MISTURAS DE TRIAZÓIS E ESTROBILURINAS NO CONTROLE DO MÍLDIO E DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....	29
Resumo .....	29
Abstract .....	302
1 INTRODUÇÃO.....	31
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	34
2.1 Semeadura, Dados Culturais e Histórico Climático.....	34
2.2 Delineamento Experimental.....	34
2.3 Avaliações.....	37
2.3.1 Severidade do míldio e da ferrugem asiática da soja.....	37
2.3.2 Eficácia e fitotoxidez dos fungicidas.....	37
2.3.3 Desfolha e componentes de produção.....	37
2.3.4 Colheita e análise estatística.....	38

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
3.1 Míldio da Soja .....	39
3.2 Ferrugem Asiática da Soja.....	40
4 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais importantes no mundo em termos de área cultivada, sendo de fundamental importância para alimentação humana e animal. Um dos principais fatores que podem limitar a obtenção de altos rendimentos são as doenças, causando perdas estimadas em cerca de 20%, entretanto, algumas delas podem ocasionar danos de quase 100% (EMBRAPA, 2010).

Entre elas, o míldio da soja está classificado como doença secundária, mas sua ocorrência vem aumentando com maior frequência em lavouras da região Sul e Centro-Oeste do Brasil (KOWATA et al., 2008). De todas as amostras analisadas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) nas safras 2004/05, 2005/06 e 2006/07, o míldio mostrou-se como a doença mais prevalente (CARVALHO, 2007).

Já a ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é hoje o principal problema fitossanitário para a sojicultura brasileira e o seu correto manejo é fundamental para a lucratividade do agricultor. A FAS foi constatada pela primeira vez no continente americano no Paraguai e atualmente ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de soja do Brasil. A doença é favorecida por chuvas bem distribuídas e longos períodos de molhamento foliar contínuo.

A temperatura ótima para o seu desenvolvimento varia entre 18 °C e 26,5 °C e pode reduzir significativamente a produção de soja em diversas regiões produtoras do mundo, devido à alta virulência e a velocidade de disseminação do patógeno (COSTAMILAN; FERREIRA, 2010).

Existem diversas medidas para reduzir os danos causados pela ferrugem, tais como a utilização de cultivares de ciclo precoce e mais tolerantes, semeaduras no início da época recomendada, eliminação de plantas de soja voluntárias e a ausência de cultivo de soja na entressafra por meio do vazio sanitário, além do monitoramento da lavoura e da utilização de fungicidas preventivamente.

Dentre elas, o uso de fungicidas apresenta maior eficiência em situações de alto risco de redução para a produção, sendo os produtos compostos por misturas entre triazóis e estrobilurinas os mais utilizados (GODOY et al., 2009). Tais produtos

podem promover, dependendo das condições ambientais e de pressão da doença, um poder residual de até três semanas.

No entanto, por possuírem modos de ação específicos, aumentam a pressão de seleção à *P. pachyrhizi*, potencializando o risco de seleção de populações resistentes por parte desse fungo. Por isso, modos de ação alternativos aos tradicionalmente utilizados devem ser estudados, com o intuito de aumentar a eficácia dos produtos existentes no mercado.

Dentre eles, o grupo dos fungicidas protetores ainda é pouco empregado nos ensaios pelos fitopatologistas, mesmo que já tenham demonstrado média eficiência no controle da FAS, como no ensaio a campo realizado com o ingrediente ativo mancozebe em Viçosa-MG (DUARTE et al., 2009), além de possuírem um largo espectro de ação contra microrganismos de diferentes reinos (ZAMBOLIM, 2008).

Embora esse grupo químico, tendo como principal representante o mancozebe, esteja entre os grupos mais importantes de fungicidas em nível de utilização mundial, o uso desse produto ainda é mínimo na cultura da soja, especialmente pelo fato da molécula ter seu registro concedido para aplicação sobre a cultura apenas para a safra 2014/15 (AGROFIT, 2014). Um outro fator que reduz o interesse pelo ingrediente ativo é a característica desse produto de não ser translocado pelos feixes vasculares dentro da planta e por isso, não apresentar poder residual, podendo ser lavado pela chuva enquanto depositado sobre as folhas.

Deste modo, esse trabalho objetivou avaliar a eficácia dos fungicidas pertencentes aos modos de ação dos triazóis e estrobilurinas, acrescidos ou não do ingrediente ativo mancozebe, visando o controle do míldio e da ferrugem asiática da soja.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura de maior expressão econômica para a economia do Brasil, com uma produção estimada de 86.052,2 milhões de toneladas de acordo com o último levantamento da safra brasileira, numa área cultivada de aproximadamente 30,105 milhões de hectares, apresentando um crescimento de 8,5% em relação a safra anterior (CONAB, 2014).

Os principais países produtores de soja são Estados Unidos, Brasil e Argentina, que juntos são responsáveis por 85% da produção mundial (AGROANALYSIS, 2014). No entanto, o Brasil pode atingir o patamar de maior produtor de soja do mundo já na próxima safra, estando sua produção futura estimada em 91 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

A soja é uma leguminosa de alto valor nutritivo e com grandes proporções em princípios ativos e alimentos dietéticos valiosos, podendo ser usada na alimentação humana ou animal, além de oferecer uma grande diversidade de subprodutos para uso na indústria alimentícia. Sabe-se que a cultura representa uma das melhores fontes vegetais calórico-protéicas, contendo cerca de 40% de proteína de boa qualidade e 20% de óleo (VIEIRA; CABRAL; PAULA, 1997). Além disso, as proteínas vindas de sementes de leguminosas correspondem a vinte por cento das proteínas vegetais consumidas pelo homem. Por todas estas características, a oleaginosa é considerada um alimento funcional, ou seja, aquele que contém substâncias capazes de promover a saúde, prevenir doenças, como certos tipos de câncer (mama, próstata e cólon), doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, osteoporose, desnutrição, hipertensão e doenças renais, além de amenizar os sintomas da menopausa. (VASCONCELOS et al., 2001).

O investimento em pesquisas voltadas a cultura da soja auxiliaram na adaptação da leguminosa às condições climáticas e solos brasileiros, o que explica a sua notável expansão por todo o país desde sua introdução no cerrado a partir dos anos 80, transformando-se rapidamente num dos principais produtos da economia nacional. A oleaginosa necessita de um total de água que varia entre 450 a 800 mm/ciclo para obtenção do máximo rendimento, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo. Em se tratando de clima, a

cultura melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20 a 30°C, sendo que a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento está em torno de 30°C, semelhante às encontradas no Brasil. A adaptação de diferentes variedades a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica. A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado. Por isso, a soja é considerada uma planta de dia curto. (EMBRAPA, 2010).

## 2.2 Danos Causados por Doenças

Para atingir elevadas produtividades a planta necessita estar bem nutrida e com boa sanidade, livre de pragas e doenças. No entanto, a rápida expansão da cultura, fruto do desenvolvimento de novas cultivares mais adaptadas às regiões do país, levaram a falhas nos cuidados fitossanitários, permitindo que muitas doenças fossem disseminadas nas principais regiões produtoras (GAZZONI; YORINI, 1995).

Tal expansão permitiu, por exemplo, o cultivo da soja em áreas irrigadas na região do Cerrado, nos meses de outono/inverno para a produção de sementes. Esse cultivo favorece a sobrevivência dos fungos causadores da antracnose (*Colletotrichum truncatum*), da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*), do cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f.sp. meridionalis*), do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), da podridão vermelha da raiz (*Fusarium tucumaneae*), dos nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.) e de cisto (*Heterodera glycines*), entre outros.

Wrather et al. (2001) estimou as perdas de produção nos dez principais países produtores do mundo ocasionados por doenças na ordem de 14,99 milhões de toneladas, resultando em um prejuízo na ordem de U\$ 3,31 bilhões. No Brasil, doenças podem ser consideradas como um dos fatores limitantes à obtenção de incrementos na produtividade média nacional, a qual poderia ser superiores aos patamares atuais se estas fossem manejadas adequadamente (BONINI, 2003). Observações experimentais feitas por Bergamin et al. (1995 apud COSTAMILAN, 2004) enfatizam que as doenças foliares podem causar danos médios de 6 a 20% na ausência de ferrugem asiática, o que pode levar a um comprometimento entre U\$ 1.350 e 4.500 milhões. As perdas anuais causadas apenas pela ferrugem asiática da

soja foram superiores a U\$ 5,14 bilhões no período de 2002/05 (HENNING et al., 2005).

Assim sendo, medidas de controle fitossanitárias devem ser tomadas para a diminuição das perdas, sendo o uso de variedades resistentes, a aplicação de fungicidas e o vazio sanitário as principais estratégias viáveis de controle.

## 2.3 Míldio da Soja

### 2.3.1 Etiologia e classificação

Os agentes etiológicos dos míldios são parasitas obrigatórios e o micélio do patógeno desenvolve-se após a formação dos haustórios nas células, colonizando as folhas (PHILLIPS, 1999). Estes microrganismos pertenciam ao Reino Fungi, mas na última década foram reclassificados para o Reino Chromista (ALEXOPOULOS, 1996; ROSSMAN; PALM, 2009).

Atualmente, o agente causal do Míldio da Soja está taxonomicamente agrupado no Reino Chromista, filo Oomycota, classe Oomycetes, ordem Peronosporales, família Peronosporaceae e gênero *Peronospora*. É um parasita obrigatório, da espécie *Peronospora manshurica* (Naumov) Syd. In gaum., sinonímia *P.sojae* F. Lehm. F.A. Wolf. (ALMEIDA et al., 2005).

Esses microrganismos possuem características que os diferem dos pertencentes ao Reino Fungi, como composição da parede celular contendo primariamente  $\beta$ -glucanos, mas também hidroxiprolina e pequenas quantidades de celulose, mitocôndrias com cristas tubulares, reprodução oogâmica e meiose gamética com fase vegetativa diplóide, além de outras características bioquímicas e moleculares (ROSSMAN; PALM, 2009).

O patógeno emite hifas cenocíticas de 7 a 10  $\mu\text{m}$  de largura, esporangioforos acinzentados, medindo 240 a 984 por 5 a 9  $\mu\text{m}$  ramificados dicotomicamente. Os esporângios são sub-hialinos, levemente elípticos a subglobosos, medindo de 19 a 24  $\mu\text{m}$ . Os esporos de origem sexual, denominados oósporos, são de coloração marrom claros ou amarelos, com parede reticulada, de 20 a 30  $\mu\text{m}$  de diâmetro (HENNING et al., 2005). Oósporos são considerados os esporos de resistência do patógeno (ALEXOPOULOS et al., 1996). *P. manshurica* apresenta grande

variabilidade genética, sendo que trinta e três raças já foram reportadas em diversos países. (DUNLEAVY, 1971).

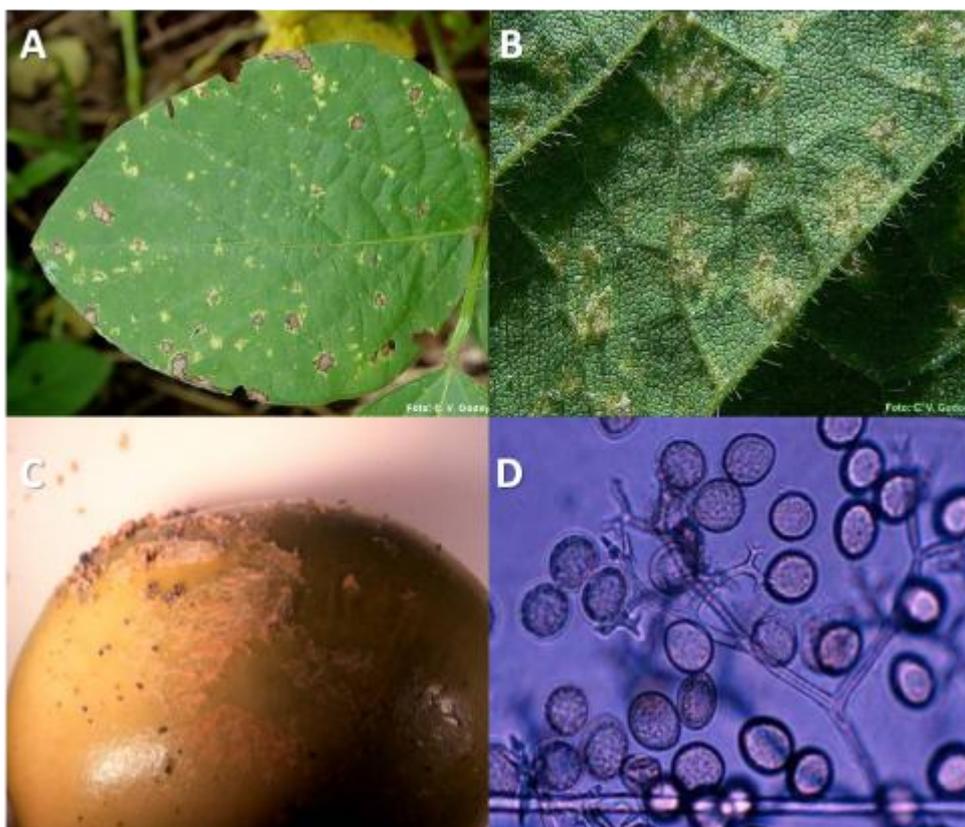
O inóculo primário é introduzido na lavoura através de sementes com incrustações de oósporos. A semente recoberta externamente por oósporos do patógeno, quando usada no plantio, dá origem a plantas com infecção sistêmica. Sob condições de alta umidade relativa o patógeno esporula na face inferior das folhas, produzindo esporângios, o inóculo secundário, facilmente disseminado pela chuva associada ao vento (HENNING et al., 2005). Mckenzie e Wyllie (1971) ressalta que a incidência de *P. manshurica* ocorre nas plantas com temperatura amenas, entre 20 a 22 °C e umidade relativa elevada, principalmente na fase vegetativa. Para esporulação são necessárias temperaturas entre 10 e 25 °C, não esporulando em temperaturas inferiores a 10 °C e superiores a 30 °C.

### **2.3.2 Sintomatologia do míldio da soja**

A primeira menção da doença no Brasil ocorreu na safra de 1966/67, no norte do Paraná, sendo seus sintomas descritos como lesões verde amareladas de formatos irregulares ocupando grande área foliar (VERNETTI; FERREIRA, 1969).

Os sintomas iniciais do ataque do fungo são pontuações amarelas na parte superior das folhas (Figura 1A), que aumentam de tamanho, podendo atingir 3-5 mm de diâmetro. Pode haver coalescimento das lesões e crestamento foliar. No verso da mancha amarela aparecem estruturas de frutificação do fungo, de aspecto cotonoso e de coloração levemente rosada, característica de *P. manshurica* (Figura 1B). As infecções na vagem podem resultar em deterioração da semente ou infecção parcial, com desenvolvimento de uma crosta pulverulenta (Figura 1C), constituída de micélio e esporos do stramenópila, dando uma coloração bege a castanho-claro ao tegumento. Além da introdução via semente, o patógeno também pode ser disseminado pelo vento, através das suas estruturas reprodutivas (Figura 1D) (ALMEIDA, 2005).

Figura 1. Sintomas e sinais característicos do míldio na face adaxial do folíolo (A), na face abaxial do folíolo esporângios de *P. manshurica* (B), sementes com incrustações de oósporos (C) esporângios e esporangióforos (D).



### 2.3.3 Controle químico

Segundo Agrios (2005), os fungicidas mais eficientes para o controle do míldio são produtos à base de cobre (como a calda bordalesa), alguns fungicidas de largo espectro de proteção, além de vários fungicidas sistêmicos.

Pinto (2004) aponta o fungicida metalaxyl como um produto de boa eficácia para a doença, tanto em aplicações foliares como no tratamento de sementes, apresentando amplo espectro de ação aos microrganismos pertencentes ao Reino Stramenopila. Tal fungicida é um produto sistêmico pertencente ao grupo químico alaninato, com atividade “*in-vivo*” e “*invitro*” contra patógeno da ordem Peronosporales, onde estão os estramenopilas causadores de míldio em diversas culturas.

Outra molécula com eficácia comprovada aos microrganismos do Reino Chromista é o mandipropamid, a qual apresenta alta eficácia para algumas doenças como a requeima da batata, o míldio das curcubitáceas, da cebola, da alface e da

rosa, atuando na biossíntese de fosfolipídios (HUGGENBERGER; KNAUF-BEITER, 2007).

No Brasil, apenas dois fungicidas estão registrados visando o controle de *P. manshurica*: um do grupo químico das isoflalonitrilas (de modo de ação protetor) e outra do grupo dos triazóis (com modo de ação sistêmico) (AGROFIT, 2014).

No entanto, pelo fato do míldio ser classificado como uma doença secundária na cultura, aliado a escassez de trabalhos que comprovem seu efeito negativo na produtividade da oleaginosa, os sojicultores brasileiros optam por não utilizar fungicidas específicos para Oomycetos e conseqüentemente para *P. manshurica*, esperando que as pulverizações visando outras doenças, como a FAS, auxiliem indiretamente no seu controle.

Entretanto, a maioria dos produtos utilizados com esse intuito não faz referência ao controle de míldio, sendo grande parte a base de misturas entre triazóis e estrobilurinas, específicos para microrganismos do Reino Fungi (GODOY; KOGA; CANTERI, 2006). Portanto, por serem de expressivo uso na cultura da soja, torna-se imprescindível a avaliação de tais moléculas em nível de pesquisa para verificar sua possível eficácia, bem como estudar novas opções para o controle voltadas a outros modos de ação, tais como os fungicidas protetores.

## **2.4 Ferrugem Asiática da Soja**

### **2.4.1 Etiologia e classificação**

A ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow, foi descrita pela primeira vez no Japão, em 1902 (HENNING, 1903), sendo que em 1914 já havia se disseminado para diversos países do sudeste de Ásia. O fungo *P. pachyrhizi* é pertence ao reino Fungi, Filo Basidiomycota, classe Urediniomycetes, ordem Uredinales e a família Phakopsoraceae (REIS et al., 2007).

A fase teleomórfica de *P. pachyrhizi* apresenta teliosporos irregularmente distribuídos em camadas de 2 a 7 esporos; as paredes dos teliosporos variam do amarelo ao pardo-claro, mas também podem ser hialinos, tendo espessura de 1.0 µm até 3.0 µm nos esporos mais externos da camada (HARTMAN; SINCLAIR; RUPE, 1999; HENNEN; REID, 2002). Na fase anamórfica, os uredosporos medem

15-24 x 18-34  $\mu\text{m}$  e são ovóides, com paredes de 1.0  $\mu\text{m}$  de espessura e densamente equinulados, hialinos, amarelos ou marrom-claros.

Trata-se de uma ferrugem na qual são conhecidos apenas os estágios uredinial e telial. No Brasil, a fase telial ocorre em menores proporções, já que necessita de períodos mais frios para se desenvolver. Embora os teliósporos sejam esporos de resistência do patógeno, no Brasil os mesmos não possuem função na epidemia.

*P. pachyrhizi* é um parasita obrigatório, ou seja, só se desenvolve em tecidos vegetais vivos, não sobrevivendo em restos culturais. O ciclo de vida inicia-se com uredosporos produzidos a partir de urédias em plantas de soja voluntárias, ou até mesmo, de outros campos de soja (ZAMBOLIM, 2006).

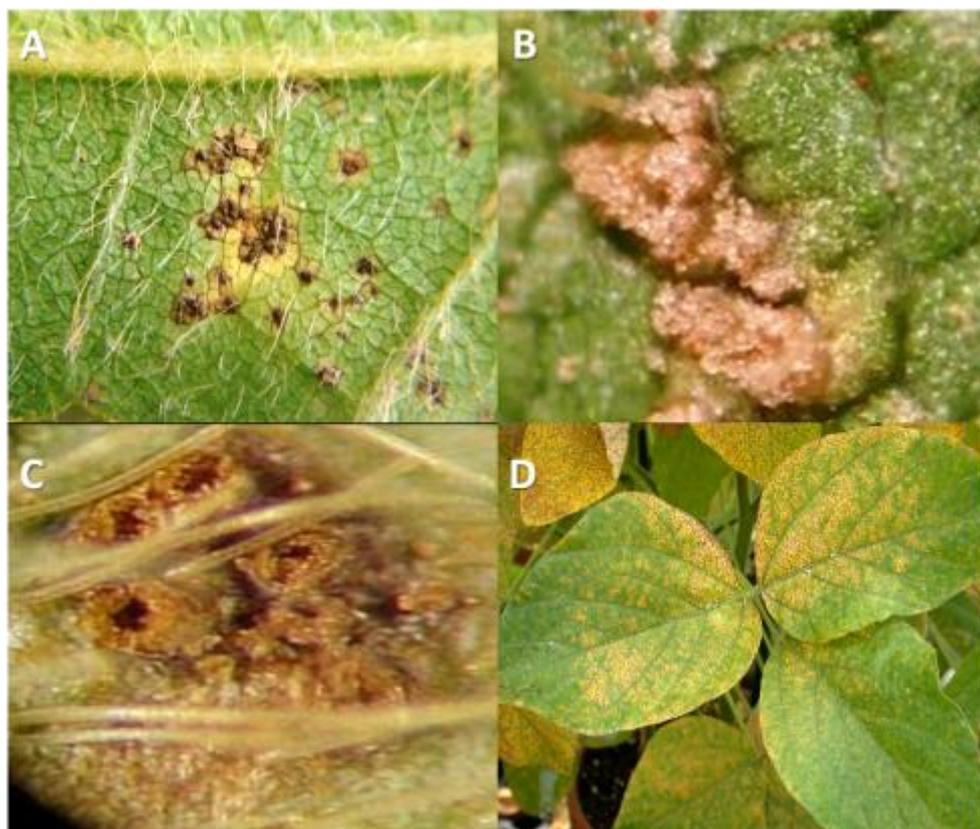
O vento é a principal forma de disseminação deste patógeno. Os uredosporos se dispersam facilmente através das correntes de ar e assim, podem percorrer curtas ou longas distâncias.

#### **2.4.2 Sintomatologia e importância econômica**

Os sintomas da doença podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, mas normalmente a infecção ocorre com mais severidade após o florescimento da cultura. As lesões podem aparecer em cotilédones e folhas, sendo nas folhas mais características. Tais sintomas caracterizam-se por pequenas pústulas, de coloração castanha a marrom-escura que se iniciam nas folhas inferiores da planta, as quais podem ser notadas com o posicionamento da folha contra o sol, através da diferença de contraste entre o tecido lesionado e o tecido vivo (Figura 2A). Na face inferior da folha, pode-se observar uma ou mais urédias, que progressivamente adquirem coloração castanho-clara a castanho escuro e abrem-se em um minúsculo poro por onde são expelidos os uredosporos (Figura 2C) (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

Os uredosporos, inicialmente de coloração hialina (Figura 2B) tornam-se bege e acumulam-se ao redor do poro ou são levados pelo vento (YORINORI, 2002). À medida que se prossegue a esporulação, o tecido foliar ao entorno das urédias adquire coloração castanho avermelhada (Figura 2D), formando lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

Figura 2. Pústulas de *P. pachyrhizi* agrupadas na face abaxial da folha (A), uredosporos de coloração hialina prontos para serem levados pelo vento (B), microporos abertos pelas urédias para liberação dos uredosporos (C) sintomas característicos da doença na face superior das folhas (D).



As lesões tendem ao formato angular e podem atingir 2 a 5 mm de diâmetro, em pecíolos, vagens e caules (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). Plantas severamente infectadas apresentam desfolha precoce, que compromete a formação e o enchimento de vagens e o peso final do grão (HARTMAN; SINCLAIR; RUPE, 1999).

Os sintomas podem em alguns casos, assemelhar-se aos da mancha parda, *Septoria glycines*; ao crestamento e pústula bacteriana, *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* e *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycinea*, ou ainda aos de injúria causado devido à fitotoxicidade por herbicidas.

O custo da FAS no Brasil, desde as primeiras epidemias até a safra de 2006/2007 foi estimando em aproximadamente 7,7 bilhões de dólares, incluídas as perdas em produção e o custo com o controle da doença. (GODOY et al., 2007)

Reduções na produtividade de soja da ordem de 10 a 40% foram relatadas na Tailândia, 10 a 50% na China, 23 a 90% em Taiwan e perdas de até 70% em áreas não controladas no Brasil (YORINORI et al., 2005).

Diversos fatores têm contribuído para que a doença continue a causar perdas no Brasil. Segundo Navarini et al. (2007), alguns fatores epidemiológicos têm sido consistentes com o passar das safras, destacando-se a evolução populacional de *P. pachyrhizi*, condições favoráveis para a infecção e disseminação (molhamento foliar associado a temperaturas amenas durante a noite) e a elevada frequência de chuvas principalmente nos meses de dezembro a fevereiro.

### 2.4.3 Controle químico

O uso de fungicidas para controle de doenças em soja no Brasil iniciou-se após a ocorrência de surtos epidêmicos de oídio (*Erysiphe diffusa*) na safra 1996/1997 (GODOY et al., 2007; SILVA, 2002), todavia, grande parte dos sojicultores brasileiros só passou a usar fungicidas em suas lavouras após o surgimento da ferrugem asiática, na safra 2001/2002.

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Meio Ambiente (MAPA), existem 115 produtos comerciais registrados para o controle da doença, sendo os principais grupos químicos os triazóis, as estrobilurinas e mais recentemente as carboxamidas. No entanto, os dois primeiros, por terem um custo mais acessível, ainda são os mais utilizados comercialmente.

Os triazóis são moléculas orgânicas, de ação móvel acropetal, que atuam na inibição da biossíntese do ergosterol pela inativação do processo de desmetilação do lanosterol, apresentando ação protetora e curativa. No primeiro caso, a ação tóxica é exercida sobre a germinação dos esporos, na formação do tubo germinativo e no apressório, no segundo, o desenvolvimento do haustório e/ou crescimento micelial no interior dos tecidos são inibidos pela presença do fungicida (FORCELINI, 1994). As estrobilurinas são moléculas derivadas do  $\beta$ -metoxiacrilato, atuando através da inibição da respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1, interferindo na formação de ATP e podendo ter ação meso-sistêmica, acumulando-se na cutina (VENÂNCIO et al., 1999).

Embora a maioria dos produtos disponíveis no mercado para controle da ferrugem baseia-se nas misturas entre triazóis e estrobilurinas, é consenso entre os principais órgãos de pesquisa e sojicultores do Brasil que a eficácia de tais fungicidas vem sendo reduzida safra após safra, pela diminuição da sensibilidade do

fungo a esses ativos, bem como devido o surgimento de novas populações resistentes de *P. pachyrhizi* (GODOY et al., 2007), o que traz uma enorme instabilidade de eficiência desses fungicidas em cada safra. Deste modo, novas alternativas de fungicidas com diferentes modos de ação devem ser pesquisados, a fim de incrementar o controle dos fungicidas existentes.

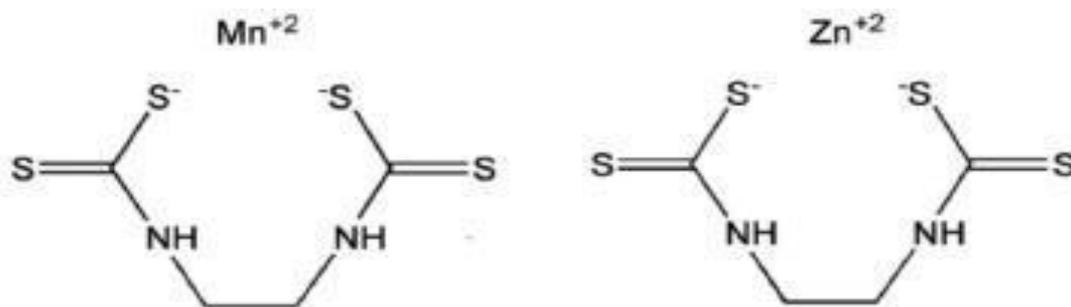
Dentre eles, os fungicidas protetores podem ser uma alternativa, pois controlam um amplo espectro de microrganismos. Tais produtos exercem uma ação multisítio, agindo principalmente na membrana celular dos fungos de forma inespecífica (JULIATTI, 2010), sendo o mancozebe o ingrediente ativo com maior representatividade comercial desse grupo.

O ingrediente ativo mancozebe é pertencente ao grupo dos etileno-bis-ditiocarbamatos (EBDC), subgrupo mais importante do grupo dos Ditiocarbamatos (DTC). Tal produto é amplamente empregado na agricultura como um fungicida não sistêmico/protetor, sendo efetivo apenas se aplicado antes da penetração do patógeno nos tecidos do hospedeiro. Tal molécula controla um grande espectro de microrganismos dos Reinos Fungi e Chromista, podendo ser indicado de acordo com seu índice monográfico para as seguintes culturas: abacate, abóbora, alho, amendoim, arroz, banana, batata, berinjela, beterraba, brócolis, café, cebola, cenoura, cevada, citros, couve, couve-flor, cravo, crisântemo, dália, ervilha, feijão, feijão-vagem, figo, fumo, gladiolo, hortênsia, maçã, mamão, manga, melancia, melão, orquídeas, pepino, pêra, pêssego, pimentão, repolho, rosa, seringueira, soja, tomate, trigo, uva e vagem (AGROFIT, 2014).

A aplicação mundial extensiva do produto pode ser atribuída à baixa toxicidade aos homens e aos animais, além da sua curta permanência no ambiente. Todos os EBDC possuem um esqueleto orgânico comum ( $C_4H_6N_2S_4$ ) diferindo apenas do íon metálico presente na molécula (Figura 3). Os principais EBDC comerciais são: manebe (EBDC-Mn), mancozebe (EBDC-Mn-Zn) e zinebe (EBDC-Zn). Os fungicidas pertencentes a esse grupo reagem com as enzimas sulfidrílicas e outros compostos sulfidrílicos (-SH) envolvidos na respiração e presente em muitas estruturas de fungos, bloqueando o processo e levando os microrganismos a morte. Além disso, podem inibir um grande número de enzimas e, portanto, interferir em muitos processos metabólicos da célula fúngica (ZAMBOLIM, 2008).

Este trabalho objetivou avaliar a eficácia dos fungicidas pertencentes aos modos de ação dos triazóis e estrobilurinas, acrescidos ou não do ingrediente ativo mancozebe, visando o controle do míldio e da FAS.

Figura 3. Fórmula estrutural do ingrediente ativo mancozebe.



Fonte: ROSA; MARQUES; PEREZ, (2010)

### 3 REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2005, 922 p.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMN, C. W.; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. New York: John Wiley. 4.ed. p.868, 1996.
- AGROANALYSIS. **A revista do agronegócio da FGV**. Disponível em: <[http://www.agroanalysis.com.br/materia\\_detalhe.php?idMateria=139](http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=139)>. Acesso em: 09 nov. 2014.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 09 nov. 2014.
- ALMEIDA, A. M. R. et al. **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres. v. 2, 4 ed., p. 569-588, 2005.
- BONINI, J. V. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja**. 2003. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- CARVALHO, P. M. **Evolução da ferrugem asiática da soja nas safras 2004/05, 2005/06 e 2006/07 no sul do Mato Grosso do Sul**. 2007. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, 2007.
- CONAB – COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de grãos da safra 2013/14**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>>. Acesso em: 24 de Jun. de 2014.
- COSTAMILAN L. M. Efeito do sistema de cultivo sobre doenças da soja. In: BERGAMIN FILHO, A. **Doenças da cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte. Cap. 3, p. 33-39. 2004.
- COSTAMINAN, L.; FERREIRA, P. Relato da ferrugem asiática da soja no Estado do Rio Grande do Sul, safra 2006/07. Proceedings of the Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (*ALICE*), 2010: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA, 2007, Londrina. **Anais**, Londrina: Embrapa Soja, p. 61-64, 2010.
- DUARTE, H. S. S. et al. Silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas no controle da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 2271-2277, 2009.
- DUNLEAVY, J. M. Races of *Peronospora manshurica* in the United States. **American Journal Botany**, St Paul, v. 58, n. 3, p. 209-211, 1971.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – Região Central do Brasil 2010. Londrina, Embrapa Agropecuária Oeste (CNPES), 2010.

FORCELINI, C.A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. triazoles. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, v. 2, p.335-55, 1994.

GAZZONI, D. L.; YORINI, J. T. **Manual de identificação de pragas e doenças da soja**. Brasília: Embrapa, 1995.

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

GODOY, C. V. et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Londrina, EMBRAPA Soja 2007. (Circular Técnica, n. 42).

GODOY, C. V. et al. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, v.34, p. 56-61, 2009.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. 1999. **Compendium of Soybean Diseases** (4. ed.). St. Paul: APS Press, p. 45-60, 1999.

HENNING, A. A. et al. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina, PR, EMBRAPA, p. 72, 2005. (Documentos, n. 256).

HENNEN, J.; REID, F. *Phakopsora pachyrhizi*. **Australasian Soybean Rust**. Draft, 2002.

HENNINGS, V. P. [A few new Japanese Uredinaceae]. **Hedwigia**, n. 42, p.107-108, 1903.

HUGGENBERGER, F.; KNAUF-BEITER, G. Mandipropamid a new fungicides for the control of late blight in potatoes. **PPO-Special Report**, Bologna. v. 12, p. 67-76, 2007.

JULIATTI, F.C. **Modo de ação dos fungicidas sobre plantas e fungos**. 2010. Disponível em: <<http://ppi-ppic-ipi.org/ppiweb/pbrazil.nsf>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

KOWATA, L. S. et al. Escala diagramática para avaliar severidade de míldio na soja. **Scientia Agraria**, (UFPR). v. 9, p. 105-110, 2008.

MCKENZIE, T. R., WYLLIE, T. D. The effect of temperature and lesions size on the sporulation of *Peronospora manshurica*. **Phytopathology**, v. 71, p. 321-326, 1971.

NAVARINI, L. et al. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

PINTO, N. F. J. A.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. **Controle químico do míldio (*Peronosclerospora sorghi*) em sorgo**. Sete Lagoas, EMBRAPA–CNPMS, 2004. (Circular Técnica, n. 51).

PHILLIPS, D.V. Downy mildew. In: HARTMAN, G.L., SINCLAIR, J.B., RUPE J.C. (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. St. Paul: APS Press, p. 18-19, 1999.

REIS, E. F. et al. Controle químico da ferrugem asiática da soja na região Sul do Paraná. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.8, n. 3 p. 319-323, 2007.

ROSA, A. C. P.; MARQUES, M. R.; PEREZ, D. V. Metodologia para preservação do fungicida mancozebe em amostras de solo. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1-4, 2011.

ROSSMAN, A. Y.; PALM, M. E. **Why are Phytophthora and other oomycota not true fungi?** Disponível em: <<http://www.apsnet.org/online/feature/oomycetes/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean Rust. In: **Compendium of Soybean Diseases**, Fourth Edition. Eds. G. L. Hartman, J. B. Sinclair, and J. C. Rupe, APS Press, St. Paul, p.25-26, 1999.

SILVA, O. C. Dano e controle do complexo de doenças foliares da soja. In: II ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA, 2002, Passo Fundo. Resumo de palestras... Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 55-59, 2002.

VASCONCELOS, I. M. et al. Nutritional study of two Brazilian soybean (*Glycine max*) cultivars differing in the contents of antinutritional and toxic proteins. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 55-62. 2001.

VENÂNCIO, W. S. et al. Novos fungicidas. I produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICCINNI, E. C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 7, p.103-155, 1999.

VERNETTI, F. J.; FERREIRA, L. P. **Míldio – uma nova doença da soja no Rio Grande do Sul**. Pelotas, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul, 1969. (Circular Técnica, n. 41).

VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; PAULA, A. C. O. Caracterização física e tecnológica de seis cultivares de soja plantadas no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 291-294, 1997.

WRATHER J. A. et al. Soybean disease loss estimates for the top ten soybean-producing countries in 1998. **Journal Plant Pathology**, Canada, v. 23, p. 115-121, 2001.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow.** Londrina, PR, Embrapa Soja, 2002. (Folder, n. 1).

YORINORI, J.T.; NUNES JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, J.J. **Ferrugem ´asiática´ no Brasil: Evolução, importância econômica e controle.** Londrina, PR, Embrapa Soja, p. 36, 2004. (Documentos, n. 247).

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v. 89, p. 675-677, 2005.

ZAMBOLIM, L. Manejo Integrado da Ferrugem Asiática da Soja. In: ZAMBOLIM, L. **Ferrugem Asiática da Soja.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 73-98, 2006.

ZAMBOLIM, L. Tipos de fungicidas empregados no controle de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L. et al. **Produtos fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas,** Viçosa: UFV/DFP, 2008. p. 213-262.

## **CAPÍTULO 1 – ASSOCIAÇÃO DO MANCOZEBE COM TRIAZÓIS E ESTROBILURINAS NO CONTROLE DO MÍLDIO E DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.**

### **RESUMO**

A ferrugem asiática da soja (FAS) é a doença a mais importante da cultura da soja. O míldio também é uma doença que também vem ganhando destaque nas últimas safras, particularmente em regiões de clima úmido. Deste modo, esse trabalho objetivou avaliar a eficácia de fungicidas pertencentes a três diferentes modos de ação (sistêmico, meso-sistêmico e protetor), aplicados isolados ou conjuntamente, no controle do míldio e da FAS. Realizou-se o experimento a campo, no delineamento de blocos casualizados, constituído de sete tratamentos e quatro repetições. Os produtos utilizados pertenciam aos grupos dos triazóis (difeconazole, tebuconazole e ciproconazole), estrobilurina (azoxystrobina), benzimidazóis (carbendazim) e dos etilenobistidiocarbamatos (mancozebe), aplicados em duas épocas: fase vegetativa e reprodutiva da cultura. Os parâmetros avaliados foram: severidade das doenças baseado em escalas diagramáticas, fitotoxidez, eficácia dos produtos, desfolha, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos. Para ambas as doenças, os tratamentos que receberam três grupos químicos distintos de fungicidas (triazóis + estrobilurinas + protetor) mostraram-se mais eficientes na redução da severidade e desfolha, incrementando a eficácia do controle das tradicionais misturas duplas (triazóis + estrobilurinas) e aumentando à produtividade de grãos da cultura.

**Palavras-chave:** *Glycine max L.*, *Phakopsora pachyrhizi*, *Peronospora manshurica*

## CHAPTER 1 - ASSOCIATION OF MANCOZEB WITH TRIAZOLES AND STROBILURINS ON DOWNY MILDEW AND ASIAN SOYBEAN RUST CONTROL

### ABSTRACT

Asian soybean rust (ASR) is the most important disease of soybeans in Brazil. Downy mildew has also been in the spotlight, especially under wet weather areas. Thus, the goal of this study was to evaluate the efficacy of fungicides belonging to three different modes of action (systemic, non-systemic and protector), combined or individually applied, for Downy Mildew and ASR control. The experiment was established in the field, in randomized block design, composed by seven treatments and four repetitions. The products utilized were part of the triazole group (difeconazole, tebuconazole and ciproconazole), strobilurin (azoxystrobin), benzimidazoles (carbendazim) and ethylene dithiocarbamate, applied in two times: vegetative and reproductive stages. The parameters evaluated were: disease severity based on diagrammatic scales, phytotoxicity, product effectiveness, defoliation, number of pods per plant, number of grain per pod and grain yield. For both diseases, treatments in which three different chemical groups were applied (triazole + strobilurin + protector) showed more efficiency reducing severity and defoliation, increasing efficacy in the control of the traditional mixtures (triazole + strobilurin) and enhancing grain crop yield.

**Key words:** *Glycine max L.*, *Phakopsora pachyrhizi*, *Peronospora manshurica*

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja, *Glycine max* (L.) Merrill, tornou-se a principal *commodity* do agronegócio brasileiro na última década, com fundamental importância para diversos setores da economia do país. As exportações do complexo soja (grão, farelo e óleo) cresceram na balança comercial brasileira em 2014, gerando uma receita recorde de US\$ 27,565 bilhões (ABIOVE, 2014).

Desde a implantação da cultura no país, a produtividade da oleaginosa vem aumentando com o passar dos anos devido a diversos fatores, tais como o desenvolvimento de defensivos mais específicos e eficazes, pela seleção de cultivares com alta produtividade através dos programas de melhoramento genético, pela introdução maciça de tecnologias em maquinários, entre outros. Em contrapartida, as perdas de produção causadas por fitopatógenos ainda são grandes (EMBRAPA, 2010).

São vários os microrganismos que podem afetar a produtividade da cultura. A soja pode ser atacada por mais de 100 patógenos, incluindo fungos, bactérias, vírus e nematoides (SINCLAIR; BACKMAN, 1989). Como exemplo, a principal doença do Brasil, denominada ferrugem asiática e causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, tem causado danos significativos nas lavouras de soja.

Além da ferrugem, outras doenças podem reduzir a produção de soja. Dentre elas, há indícios que o Míldio da Soja, causado por *Peronospora manshurica*, esteja entre elas. Dunleavy (1971) avaliando cultivares de soja suscetíveis e resistentes ao míldio no estado de Iowa, nos Estados Unidos, detectou uma redução na média da produtividade e um número de sementes com incrustações de oósporos por *P. manshurica* em cultivares suscetíveis, nas ordens de 11,8% e 10,6%, respectivamente.

O controle de doenças na soja deve ser realizado desde o planejamento da lavoura, por meio da escolha da cultivar, rotação de culturas, utilização de sementes certificadas e tratadas e pelo conhecimento prévio do histórico de doenças que predominam na região (EMBRAPA, 2010).

Entretanto, quando se trata do principal problema da cultura, a utilização de fungicidas é fundamental. Soares et al. (2004) destacam que o controle da ferrugem compreende a aplicação de diversas medidas conjuntas, mas uma vez instalada, o controle químico é a principal forma de reduzir as perdas. Desde as primeiras

epidemias de *P. pachyrhizi* em 2002, o número de fungicidas registrados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle dessa doença aumentou de cinco para cento e quinze (AGROFIT, 2014).

A grande maioria dos produtos disponíveis no país é baseada no grupo químico dos triazóis e das estrobilurinas e os poucos lançamentos recentes constituem-se de carboxamidas. Os triazóis são inibidores da biossíntese de ergosterol, importante componente da membrana celular dos fungos sensíveis e as estrobilurinas interferem na respiração mitocondrial dos fungos. A partir da safra 2010/11, foi observada uma menor eficiência dos fungicidas do grupo dos triazóis, principalmente na região do Cerrado. Em função disso, o Consórcio Antiferrugem passou a indicar o uso preferencial de fungicidas formulados em misturas de triazóis e estrobilurinas. No entanto, os usos de tais misturas também vêm encontrando dificuldades.

Para entender melhor o cenário atual da queda de eficácia dos fungicidas, tomamos como exemplo um produto comercial composto apenas pelo ingrediente ativo tebuconazole ( $200 \text{ g i.a L}^{-1}$ ), aplicado na dose de  $100 \text{ ml ha}^{-1}$ , nos ensaios cooperativos coordenados pela Embrapa nas últimas safras. No ano de 2007, esse produto apresentava uma eficácia no controle da FAS na ordem de 90% (GODOY et al., 2007). Já a publicação dos resultados conduzidos na safra 2010/11 mostrou que o mesmo fungicida exerceu eficácia de controle média de apenas 25%, uma queda de 75% de eficiência em apenas quatro anos (GODOY et al., 2011). Na safra atual os resultados são ainda mais alarmantes, haja vista que a mesma molécula apresentou eficácia de controle média de 18%, mais de 70% menor comparado a sete safras atrás (GODOY et al., 2014).

Não são apenas os fungicidas compostos exclusivamente por triazóis que tiveram sua eficiência reduzida, mas também aqueles formulados com a mistura pronta entre estrobilurinas e triazóis. Como exemplo podemos citar o produto comercial a base de Piraclostrobina ( $66,5 \text{ g i.a L}^{-1}$ ) + Epoxiconazol ( $25,0 \text{ g i.a L}^{-1}$ ), aplicado na dose de  $500 \text{ ml ha}^{-1}$ . Em 2007, esse fungicida apresentava eficiência extremamente satisfatória, próxima a 90% (GODOY et al., 2007). Passadas quatro safras, a sumarização dos ensaios cooperativos do ano de 2011 apontou uma queda brusca no controle de tal mistura, apresentando eficácia média próxima a 60% (GODOY et al., 2011). Na última safra, o mesmo produto, aplicado nas mesmas doses e condições dos ensaios citados anteriormente, apresentou eficácia de

controle de apenas 25% (GODOY et al., 2014). Deste modo, tal como o triazól isolado, a mistura entre triazól + estrobilurina também reduziu em quase 70% sua eficiência em sete anos.

Devido à diminuição da sensibilidade de *P. pachyrhizi* aos tradicionais fungicidas discutidos anteriormente, o estudo de novas opções voltadas a outros modos de ação é necessário. Nesse cenário, uma classe de fungicidas que podem ser uma alternativa para o manejo da resistência são os protetores, haja vista que o risco de resistência dos patógenos a esse grupo é classificado como muito baixo ou nulo, devido à multiplicidade dos sítios de atuação dessas moléculas sobre o hospedeiro (ZAMBOLIM, 2008).

Deste modo, esse trabalho objetivou avaliar a eficácia dos fungicidas pertencentes aos modos de ação dos triazóis e estrobilurinas, acrescidos ou não do ingrediente ativo mancozebe, visando o controle do míldio e da ferrugem asiática da soja.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental da Nufarm dentro do Centro de Pesquisa Agropecuária (CPA), localizado no município de Rio Verde-GO a 17° 46'55" de latitude Sul, 50° 59' 46" de longitude Oeste e 769 metros de altitude, no período de 10 de Dezembro de 2013 a 03 de Abril de 2014.

### 2.1 Semeadura, Dados Culturais e Histórico Climático

A semeadura do experimento ocorreu no dia 10 de dezembro de 2013 e a cultivar utilizada foi a NA7337RR. Utilizou-se espaçamento de 0,5 m entre linhas com uma densidade de 20 plantas metro linear<sup>-1</sup>. Cada parcela experimental constou de seis linhas de semeadura e 5 m de comprimento (15 m<sup>2</sup>).

As sementes utilizadas foram tratadas com Imidacloprid + Thiodicarb (0,5 L 100 kg<sup>-1</sup>) e Carbendazim + Thiram (0,3 L 100 kg<sup>-1</sup>). Junto com a semeadura foi realizada uma adubação via sulco de plantio com 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 0-20-20. O manejo de plantas daninhas foi realizado com uma aplicação de glifosato aos 20 dias após a emergência da cultura e o de lagartas com duas aplicações de Diflubenzuron (0,2 L ha<sup>-1</sup>) + Metomil (1,0 L ha<sup>-1</sup>) antes do florescimento e três aplicações de Clorraniliprole (0,7 L ha<sup>-1</sup>) + Clorpirifós (1,5 L ha<sup>-1</sup>) no estágio reprodutivo. Para o controle de percevejos foram realizadas duas aplicações de inseticida a base de Thiametoxan + Lambda-Cialotrina (0,4 L ha<sup>-1</sup>) nos estádios fenológicos R.4 e R5.3, respectivamente.

### 2.2 Delineamento Experimental

O ensaio foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições (Tabela 1).

Tabela 1. Número dos tratamentos, time de aplicação, estágio fenológico da cultura no momento da aplicação, ingredientes ativos, concentração e dose dos produtos comerciais utilizados, além dos seus respectivos modos de ação. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Time de aplicação e fenologia	Tratamentos	Concentração (g.l) <sup>1</sup>	Dose (L ou kg ha <sup>-1</sup> )		Modo de Ação	
			p.c. <sup>2</sup>	i.a. <sup>3</sup>		
1	----	Testemunha	---	---	---	
2A	V7	Difenoconazole	250	0,3	0,075	S
2B	R2	Azoxystrobina + Ciproconazole	200 +80	0,3	0,168	M + S
2C	R5.1					
3A	V7	Tebuconazole + Carbendazim	125 +250	1,0	0,375	S
3B	R2	Azoxystrobina + Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
3C	R5.1					
4A	V7	Mancozebe	800	1,0	0,8	P
		+ Carbendazim	500	1,0	0,5	S
4B	R2	Azoxystrobina+ Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
4C	R5.1					
5A	V	Tebuconazole + Carbendazim	125+250	1,0	0,375	S
		+ mancozebe	800	1,0	0,8	P
5B	R2	Azoxystrobina + Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
5C	R5.1					
6A	V	Tebuconazole + Carbendazim	125+250	1,0	0,375	S
		+ Mancozebe	800	1,0	0,8	P
6B	R2	Azoxystrobina + Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
		+ Mancozebe	800	1,0	0,8	P
6C	R5.1	Azoxystrobina + Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
		+ Mancozebe	800	1,0	0,8	P
7A	V7	Tebuconazole + Carbendazim	125+250	1,0	0,375	S
7B	R2	Azoxystrobina + Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
		+ Mancozebe	800	1,0	0,8	P
7C	R5.1	Azoxystrobina + Tebuconazole	120+160	0,6	0,168	M + S
		+ Mancozebe	800	1,0	0,8	P
		+ Carbendazim	500	1,0	0,5	S

<sup>1</sup> = gramas de ingrediente ativo por litro de produto comercial, <sup>2</sup> = dose do produto comercial; <sup>3</sup> = gramas de ingrediente ativo em cada aplicação;

Foram realizadas três aplicações em diferentes épocas da fenologia da cultura, no estágio vegetativo e reprodutivo respectivamente. Os tratamentos correspondentes à época **A** foram aplicados no estágio vegetativo da cultura, no dia 16/01/2014, onde as plantas de soja encontravam-se com seis trifólios completamente abertos, caracterizando o estágio V7 (FEHR; CAVINESS, 1977). Tal aplicação teve foco no controle do míldio da soja, pois é nessa fase que a doença se manifesta com maior intensidade. McKenzie (1971) ressalta que a incidência de *P. manshurica* ocorre nas plantas com temperatura amenas, entre 20 a 22 °C e umidade relativa elevada, principalmente na fase vegetativa.

Os tratamentos seguidos pelas letras **B** e **C** foram pulverizados após o florescimento da doença, nos dias 07/02 e 27/02/2014, com as plantas de soja encontrando-se no florescimento pleno e no início de enchimento dos grãos, nos estádios fenológicos R2 e R5.1, respectivamente. Tais aplicações tiveram foco exclusivo no controle da ferrugem asiática da soja e foram utilizadas para as avaliações da severidade e controle da doença (Tabela 1).

Três aplicações foram realizadas com um equipamento de pulverização costal à pressão constante (CO<sub>2</sub>) dotado de uma barra porta-bico de 3 metros, com seis pontas espaçadas em 0,5 m, modelo jato plano uso aplicado (XR 110.05), volume de 200 L ha<sup>-1</sup>, altura da barra de 0,40m em relação a cultura e velocidade do operador de 1 m s<sup>-1</sup>. As dados relativos as aplicações estão descritos na (Tabela 2).

Tabela 2. Datas, estágio fenológico e altura da cultura no momento das avaliações. Rio Verde-GO, safra 2013/14.

<b>Avaliações</b>	<b>7DAA<sup>1</sup></b>	<b>14DAA</b>	<b>7DAB<sup>2</sup></b>	<b>14DAB</b>	<b>7DAC<sup>3</sup></b>	<b>14DAC</b>	<b>Colheita</b>
Data	23/01	30/01	14/02	21/02	06/03	13/03	03/04
Fenologia	V7	R1	R4	R5.1	R5.3	R5.5	R8
Altura (cm)	49	50	67	80	81,5	81,5	--

<sup>1</sup>DAA = Dias após a aplicação A (16/01/2014), <sup>2</sup>DAB = dias após a aplicação B (07/02/2014) e <sup>3</sup>DAC = dias após a aplicação C (27/02/2014)

## 2.3 Avaliações

### 2.3.1 Severidade do míldio e da ferrugem da soja

Para ambas as doenças, a severidade foi determinada baseada em escalas diagramáticas, onde foram atribuídas notas de acordo com a quantidade de área foliar com sintomas da doença, variando de 0 a 100%. Para *P. manshurica*, utilizou-se uma escala adaptada de James (1971) e as avaliações ocorreram aos 7 e 14 dias após a primeira aplicação (época A) que corresponde a sigla **DAA** (Tabela 2). Visando *P. pachyrhizi* a escala utilizada foi proposta por Godoy e Koga e Canteri (2006) e as avaliações iniciaram-se aos 7 e 14 dias após a segunda aplicação (época B), que corresponde as siglas 7 e 14 **DAB** e seguiram aos 7 e 14 dias após a última aplicação (época C) correspondente aos 7 e 14 **DAC** (Tabelas 2). Com os dados de severidade, determinou-se a taxa de progresso da FAS através da área abaixo da curva da doença (AACPD), calculada pela equação elaborada por Shaner e Finney (1977).

### 2.3.2 Eficácia e fitotoxidez dos fungicidas

A eficácia (%) dos tratamentos fungicidas foi aferida segundo a fórmula proposta por Abbott (1925).

Realizou-se a determinação da fitotoxidez através da atribuição de notas de severidade de acordo com os sintomas de injúrias causados pelos fungicidas nas folhas de soja, utilizando como parâmetro uma escala diagramática adaptada de Frans et al. (1986).

### 2.3.3 Desfolha e componentes produção

A avaliação de desfolha ocorreu aos 14 **DAC**, quando a queda das folhas nas parcelas testemunhas chegou a 80%. A metodologia consistia na atribuição de uma nota visual do dano causado pela FAS de 0 a 100% para cada parcela, utilizando a escala adaptada de Hirano et al. (2010).

Quando as plantas atingiram o estágio de maturidade fisiológica R6 iniciou-se o processo de colheita e determinação dos componentes de produção e

produtividade de grãos. O número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram avaliados antes da colheita, com a coleta aleatória de 10 plantas de cada parcela útil do experimento. O número de vagens por planta foi determinado através da contagem de todas as vagens das plantas escolhidas e o valor obtido foi dividido pelo número de plantas colhidas. O número de grãos por vagem foi determinado debulhando-se as vagens e contando-se os grãos, dividindo o valor pelo número de vagens obtido anteriormente.

#### **2.3.4 Colheita e análise estatística**

A colheita foi realizada manualmente no dia 04 de abril de 2014 e todas as plantas de uma área útil de 4,5 m<sup>2</sup> foram colhidas. As plantas foram arrancadas e trilhadas com o uso de uma trilhadora estacionária e os grãos foram acondicionados em sacos de papel, identificados e armazenados para posterior limpeza manual, determinação de umidade e pesagem. Para a pesagem utilizou-se uma balança semi-analítica e a umidade foi aferida em medidor portátil.

Visando a obtenção da produtividade, os dados foram estimados em kg ha<sup>-1</sup> e a umidade corrigida para 13% em base úmida. Para a análise estatística, os dados expressos em porcentagem nas tabelas foram transformados pela fórmula  $(x+1)^{0,5}$ . Para interpretação dos resultados foi realizada análise de variância, e quando o teste F foi significativo, fez-se comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ) utilizando o programa estatístico SISVAR.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Míldio da Soja

A aplicação de fungicidas no estágio vegetativo (época **A**) proporcionou redução da severidade da doença comparada à testemunha. Na avaliação aos sete dias após a primeira aplicação (7DAA) todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicidas diferiram estatisticamente em relação à testemunha. Aos 14 DAA, apenas o tratamento T5 diferiu estatisticamente dos tratamentos T2 e T3. A severidade no T5 foi 11% menor em relação à aplicação do difenoconazol isoladamente (T2) e 9% menor em relação à mistura de tebuconazole + carbendazim (T3). Os demais tratamentos foram estatisticamente iguais entre si, diferindo-se apenas em relação à testemunha. Vale ressaltar que nos tratamentos T5, T6 e T7 o carbendazim (grupo químico dos benzimidazóis) foi utilizado junto ao tebuconazole em mistura pronta e não houve diferença estatística entre eles, assim sendo conclui-se que a aumento no controle discutido anteriormente esteja relacionado com a adição do mancozebe na associação (Tabela 3).

Tabela 3. Severidade de míldio da soja em duas épocas de avaliações e eficácia de controle dos produtos após aplicações de diferentes fungicidas no estágio vegetativo da cultura. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Tratamentos <sup>a</sup>	Severidade do míldio (%)		Eficácia de controle do míldio (%)	
	7DAA	14 DAA	7DAA	14DAA
	23/01/14	30/01/14	23/01/14	30/01/14
1	49,69 c	50,75 d	----	----
2	31,25 ab	33,38 c	37,14 a	33,99 b
3	31,50 ab	32,13 bc	36,58 a	36,99 b
4	27,06 ab	28,06 ab	45,47 a	46,54 a
5	26,13 a	26,13 a	47,35 a	48,45 a
6	30,00 ab	30,00 abc	39,60 a	40,67 ab
7	28,90 ab	28,90 abc	41,92 a	43,07 ab
P valor	<0,001	<0,001	0,0308	0,0019
DMS	0,48	0,47	11,02	9,96
CV	3,66	3,54	11,60	10,43

<sup>a</sup>1 = testemunha, 2 = difenoconazole, 3 = tebuconazol + carbendazim, 4 = carbendazim + mancozebe, 5 = tebuconazol + carbendazim + mancozebe, 6 = tebuconazol + carbendazim, 7 = tebuconazol + carbendazim

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

A baixa eficiência dos triazóis (T2 e T3) comparado ao uso do fungicida protetor (mancozebe) pode ser explicada pelo fato do míldio ser considerado um falso fungo, pertencente ao Reino Chromista, possuindo algumas diferenças morfo e fisiológicas em relação aos fungos, o que dificulta o seu controle por fungicidas específicos para o Reino Fungi (ROSSMAN; PALM, 2009). No entanto, por se tratar de uma doença secundária, são raras as aplicações de produtos específicos para *P. manshurica* por parte dos produtores, que esperam o controle do míldio indiretamente através do uso de fungicidas específicos para FAS. Deste modo, justifica-se a escolha dos ingredientes ativos a base de triazóis para realização desse estudo.

A eficácia dos tratamentos no controle de *P. manshurica* também pode ser vista na Tabela 3, confirmando o aumento de controle quando o mancozebe (800 g i.a ha<sup>-1</sup>) foi adicionado junto dos fungicidas no estágio vegetativo da cultura (T4 e T5), diferindo dos tratamentos em que os triazóis foram aplicados isoladamente (T2) ou da mistura entre triazol + benzimidazol (T3).

Os resultados promissores da adição do mancozebe para o controle de *P. manshurica* corroboram com os ensaios de campo conduzidos por Dunleavy (1987) em Iowa, nos Estados Unidos, os quais mostraram que o míldio pode ser controlado de forma eficaz utilizando um ingrediente ativo com o mesmo modo de ação e muito parecido com o mancozebe, o manebe (etileno bistidiocarbamato de manganês). Nesse trabalho, as plantas que receberam aplicação desse fungicida produziram 7% a mais que o tratamento testemunha. No Brasil, Balardin (2003), também cita a boa eficácia dos fungicidas protetores no controle dessa doença. Além do mancozebe, o clorotalonil também apresenta controle sobre *P. manshurica*.

Kumagai e Kiyohara e Konimiyama (1991) destacam que esse princípio ativo apresenta-se com largo espectro de ação e eficácia no controle de microrganismos do Reino Chromista, como é o caso de *P. manshurica*. Zambolin (2008) também aponta o mancozebe como fungicida recomendado no controle de míldios e diversas doença foliares.

### **3.2 Ferrugem Asiática da Soja**

Em todas as avaliações houve interação significativa entre os tratamentos, com o tratamento testemunha (T1) apresentando estatisticamente os maiores

índices de severidade em todas as épocas do estudo. Em média a severidade na testemunha foi 35% superior aos tratamentos com fungicidas (Tabela 4).

Na avaliação aos 7DAB não houve diferença significativa entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicidas. Já aos 14DAB, o tratamento 7 composto pela mistura de quatro ingredientes ativos, com três modos de ação distintos (sistêmico, meso-sistêmico e protetor) apresentou valores de severidade significativamente menor, em torno de 15%, comparado aos tratamentos compostos pelas misturas duplas (com modos de ação sistêmico e meso-sistêmico): azoxystrobin & cyproconazole (T2) e azoxystrobin & tebuconazole (T3), de acordo com a Tabela 4.

A severidade foi significativamente menor quando o fungicida protetor foi adicionado junto às misturas de triazóis + estrobilurinas no pós-florescimento da cultura (T6 e T7), como pode ser visto aos 14DAC na Tabela 4.

Tabela 4. Severidade da ferrugem asiática da soja em quatro épocas de avaliação e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) após aplicação de diferentes fungicidas no período reprodutivo da cultura. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Tratamentos <sup>a</sup>	Severidade de ferrugem asiática da soja				
	7 DAB	14 DAB	7 DAC	14 DAC	AACPD
	14/02/14	21/02/14	06/03/14	13/03/14	
1	62,50 b	80,00 e	81,50 c	85,75 b	1649,3 e
2	27,50 a	35,00 cd	36,25 b	38,75 ab	743,7 cd
3	23,75 a	37,50 d	40,00 b	41,25 b	787,5 d
4	25,00 a	32,50 bcd	35,00 b	36,75 ab	706,1 cd
5	22,50 a	25,00 ab	32,50 ab	37,50 ab	647,5 bc
6	21,25 a	27,50 abc	30,00 a	31,25 a	577,5 a
7	17,50 a	23,75 a	25,00 a	30,00 a	525,0 a
<i>P</i> valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
DMS <sup>e</sup>	1,06	0,79	0,90	0,73	103,88
CV (%)	8,57	5,65	6,18	4,83	5,52

<sup>a</sup>1 = testemunha, 2 = azoxistrobina + cyproconazole, 3 = azoxistrobina + tebuconazole, 4 = azoxistrobina + tebuconazole, 5 = azoxistrobina + tebuconazole, 6 = azoxistrobina & tebuconazole + mancozebe, 7 = azoxistrobina + tebuconazole + mancozebe + carbendazim

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

O T5 (que recebeu o fungicida protetor apenas no estágio vegetativo da soja) apresentou resultados estatisticamente iguais aos tratamentos T6 e T7 nas duas avaliações, mas não diferiu do tratamento padrão do estudo (ciproconazole +

azoxystrobina – T2) em nenhuma delas, sugerindo que o uso do fungicida protetor visando redução da severidade de FAS apresenta melhor resposta quando aplicado na fase reprodutiva da cultura. Os dados concordam com Godoy (2007) que aponta o pós-florescimento como a época de maior vulnerabilidade da soja à infecção de FAS e o momento ideal de aplicação dos fungicidas.

A interferência da mistura tripla na taxa de progresso da doença pode ser melhor compreendida através da análise da área abaixo da curva de progresso da doença (Tabela 4). Os tratamentos T6 e T7 em que o mancozebe foi adicionado junto às misturas na fase reprodutiva da cultura apresentaram estatisticamente os menores valores de AACPD dentre todos os tratamentos, reduzindo tal variável em torno de 70% em relação à testemunha.

Ao comparar os tratamentos T6 e T3, que são constituídos dos mesmos fungicidas, diferindo-se apenas na adição do mancozebe nas duas aplicações, foi observado que houve uma menor severidade aos 7 e 14DAC, onde a pressão de ferrugem encontrava-se nos maiores níveis de severidade. Além disso, o T6 apresentou 26% de redução da AACPD em relação ao T3.

Tais resultados abrem uma grande possibilidade de novos estudos sobre a eficácia do ingrediente ativo mancozebe na dose de 800 g i.a ha<sup>1</sup> utilizado em mistura, visando redução de severidade de *P. manshurica* e *P. pachyrhizi*. Vale lembrar que essa adição possui excelente custo benefício, haja vista que em cotação realizada no mês de setembro de 2014 no mercado de defensivos, um quilograma do produto comercial, em formulação pó molhável (WP), utilizado no ensaio custava apenas R\$12,00.

Borges et al. (2014) avaliando o uso dos fungicidas protetores no controle da ferrugem asiática da soja em Chapadão do Sul-MS observou que a adição do mancozebe na dose de 1200 g i.a ha<sup>-1</sup> em um manejo de quatro aplicações, espaçadas em intervalos de 14 dias, resultou em um incremento de 18 sacas a produção de soja e 34% a eficiência da mistura de tetraconazol + azoxystrobina. Além do mancozebe, os tratamentos que receberam adição do clorotalonil (ingrediente ativo com modo de ação protetor) também foram significativamente superiores que a mistura aplicada isoladamente.

Julliati et al. (2014) em estudo semelhante também concluiu que de forma geral a associação do mancozebe na dose de 1200 g i.a ha<sup>-1</sup> melhorou a eficácia de as associações entre triazóis + estrobilurinas para todas as variáveis analisadas,

incluindo a mistura de azoxystrobina + ciproconazole, utilizada como tratamento padrão do presente experimento.

Os valores da eficácia do controle de cada tratamento estão apresentados na Tabela 5. Não houve diferença estatística na eficácia de controle entre os tratamentos que receberam a mistura tripla, independente da época onde o fungicida foi adicionado. No entanto, quando o mancozebe foi adicionado nas épocas **B** e **C** (T6 e T7) o aumento de eficácia dos fungicidas foi significativo comparado ao uso das misturas entre triazóis e estrobilurinas (T2 e T3), conforme pode ser visto na última avaliação do ensaio aos 14DAC, em que a FAS se encontrava no seu pico infecção.

Tabela 5. Eficácia de controle da ferrugem asiática da soja em quatro épocas de avaliação sobre aplicação de diferentes fungicidas. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Tratamentos <sup>a</sup>	Eficácia do controle de ferrugem asiática da soja (%)							
	7 DAB		14 DAB		7 DAC		14 DAC	
	14/02/14		21/02/14		06/03/14		13/03/14	
1	---		---		---		---	
2	56,2	b	55,9	c	55,5	b	50,1	b
3	61,9	b	52,9	bc	50,9	b	46,1	b
4	59,8	ab	59,2	abc	57,0	ab	51,3	ab
5	64,5	ab	65,4	ab	60,1	ab	50,3	ab
6	66,0	ab	68,7	a	63,1	ab	57,6	a
7	72,0	a	70,2	a	69,3	a	59,1	a
<i>P</i> valor	0,005		<0,001		0,007		0,005	
DMS	18,61		10,69		13,29		9,89	
CV (%)	12,41		7,49		9,75		8,20	

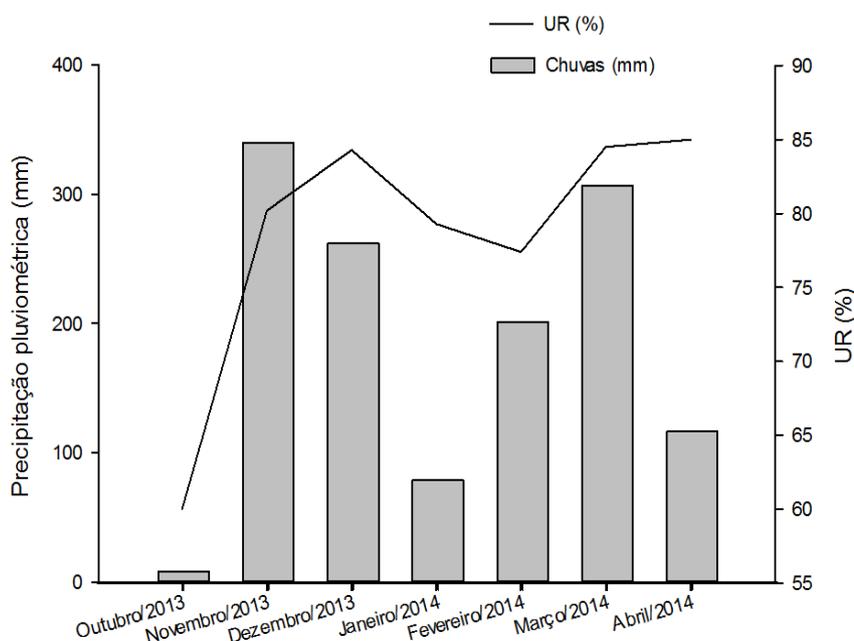
<sup>a</sup>1 = testemunha, 2 = azoxistrobina + cyproconazole, 3 = azoxistrobina + tebuconazole, 4 = azoxistrobina + tebuconazole, 5 = azoxistrobina + tebuconazole, 6 = azoxistrobina & tebuconazole + mancozebe, 7 = azoxistrobina + tebuconazole + mancozebe + carbendazim

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Embora os resultados do acréscimo do fungicida protetor nas misturas possam ser considerados animadores, deve-se levar em conta um fator fundamental nesse estudo: a baixa pluviosidade ocorrida na área experimental nos meses em que as aplicações foram realizadas. Os períodos em que as pulverizações/avaliações ocorreram (meses de Janeiro e Fevereiro) foram igualmente os que receberam os menores volumes de chuva durante toda a condução do ensaio (Figura 4).

De acordo com registros internos do CPA – Centro de Pesquisas Agropecuárias de Rio Verde-GO, nos últimos cinco anos a média de precipitação mensal no local da estação experimental, especialmente no mês de Fevereiro (épocas de aplicação **B e C**, específicas para FAS) é maior que 300 mm. Durante a condução do experimento, apenas 179 mm de chuva ocorreram, caracterizando uma redução de quase 40% (Figura 4). As temperaturas também permaneceram altas durante todo o período de condução do experimento, com média mensal em torno de 25 °C nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. No momento das três aplicações, as temperaturas estavam entre 27 a 30°C.

Figura 4. Dados de precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar (%) registrados no Centro de Pesquisas Agropecuárias-CPA no período de Outubro de 2013 a Abril de 2014. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.



Essas condições são favoráveis para uma melhor eficiência dos fungicidas protetores (KUMAR; AGARWAL, 1992), uma que a correta deposição do mancozebe na superfície foliar é fundamental para eficácia de controle dessa molécula (ZAMBOLIN, 2008). Caso as precipitações tivessem ocorrido de forma constante, a manutenção da cobertura protetora seria comprometida e o produto poderia ser lavado das folhas. Nas condições que ocorreu o experimento, o mancozebe proporcionou às misturas duplas um acréscimo em poder residual que dificilmente ocorreria em anos chuvosos. Entretanto, nas condições do estudo, a mistura tripla

trouxe maior proteção à cultura exatamente no pico de pressão da doença, após o florescimento da cultura e no enchimento de vagens, constituindo-se em uma estratégia de controle adicional para ambas as doenças.

O mesmo raciocínio pode ser utilizado para explicar a similaridade estatística no controle de FAS quando o mancozebe foi aplicado na época **A** (T4 e T5) em relação às misturas pulverizadas isoladamente (T2 e T3), em função de um período longo de exposição às chuvas (Tabela 5). Por se tratar do mês com maior pluviosidade do período, a lavagem do produto ocorreu de forma mais rápida, desprotegendo a cultura no momento da chegada de *P. pachyrhizi* na área experimental. Além disso, a proteção para os folíolos desenvolvidos a partir da data da aplicação no estágio vegetativo também foi prejudicada, pois o produto não possui sistemicidade e permanece imóvel sobre a massa foliar presente no momento da aplicação até que uma nova pulverização ocorra. Deste modo, novos estudos, em anos com maiores índices pluviométricos, são necessários para confirmar os bons resultados da mistura triplos aqui demonstrados.

Os resultados de fitotoxicidade dos fungicidas as plantas de soja foram significativos em todas as avaliações (Tabela 6).

Tabela 6. Severidade da fitotoxidez causadas após aplicações de diferentes fungicidas via foliar. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Tratamentos	Fitotoxicidade			
	7 DAB	14 DAB	7 DAC	14 DAC
	14/02/14	21/02/14	06/03/14	13/03/14
1	---	---	---	---
2	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
3	2.33 b	2.77 b	3.31 b	3.38 b
4	2.39 b	3.00 b	3.21 b	3.28 b
5	2.44 b	2.88 b	3.09 b	3.17 b
6	2.43 b	2.98 b	3.31 b	3.38 b
7	2.53 b	2.90 b	3.11 b	3.19 b
<i>P</i> valor <sup>d</sup>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
DMS <sup>e</sup>	0,40	0,88	0,77	0,80
CV (%) <sup>f</sup>	8,58	16,06	12,78	13,08

<sup>a</sup>1 = testemunha, 2 = azoxistrobina + cyproconazole, 3 = azoxistrobina + tebuconazole, 4 = azoxistrobina + tebuconazole, 5 = azoxistrobina + tebuconazole, 6 = azoxistrobina & tebuconazole + mancozebe, 7 = azoxistrobina + tebuconazole + mancozebe + carbendazim

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

\* Valores correspondentes a escala de Frans et al., (1986).

O teste de médias mostrou que houve uma diferença estatística entre os tratamentos constituídos de azoxstrobín + cyproconazole (T2) a todos os demais tratamentos fungicidas compostos por azoxstrobín + tebuconazole (T3 a T7), sendo que a primeira mistura não apresentou sintomas de fitotoxicidade nos tratamentos que receberam a aplicação. Deste modo, podemos deduzir que o ingrediente ativo tebuconazole foi o responsável pelas injúrias encontradas. Todos os tratamentos que receberam o ativo apresentaram leves sintomas de fitotoxidez nas folhas de soja, com o pico de folhas injuriadas após a segunda aplicação das misturas entre tebuconazole + azoxystrobín (estádio fenológico R5.2), apresentando média percentual próxima a 10% em todas as parcelas.

Os dados concordam com Barros (2008), que em ensaio conduzido no município de Maracaju-MS, diagnosticou sintomas de fitotoxidez causados pelo tebuconazole na ordem de 10% sobre a variedade CD-219RR, embora o fator não tenha afetado a produtividade de grãos da cultura.

A toxicidade de triazóis pode aparecer na soja sob determinadas condições, tais como: cultivares mais sensíveis a esse grupo de fungicidas, aplicação sobre temperaturas elevadas e/ou em plantas com stress hídrico. Os problemas são acentuados quando as aplicações ocorrem de forma consecutiva, especialmente após o estágio R5 da cultura (BARROS, 2008). Tais condições, época e número de aplicações assemelham-se às ocorridas durante a condução do presente estudo.

Dentre todos os integrantes do grupo dos triazóis, o tebuconazole é o que apresenta maiores problemas quando determinadas condições não são respeitadas (ZAMBOLIM, 2008). Pelo fato do produto apresentar rápida absorção e menor velocidade de translocação pelos feixes vasculares, o mesmo pode acumular-se sobre as folhas, resultando em ação tóxica as plantas, especialmente se aplicados em altas temperaturas. Outro fator para o aparecimento dos sintomas de fitotoxicidade pode ser uma possível dose elevada do produto, indicando que os triazóis devem ser usados com cautela no manejo de doenças (ZAMBOLIM, 2008).

Embora eventuais sintomas de fitotoxidez possam acontecer, vale ressaltar que os produtos sistêmicos como o tebuconazole são tradicionais no controle de doenças e na maioria das vezes estão associados com estrobilurinas (GALLOWAY, 2008; HENRY; JOHNSON; WISE, 2011; SCHMITZ et al., 2014).

Com relação à desfolha da cultura os tratamentos que receberam o fungicida protetor ainda na fase vegetativa (T4 e T5) não diferiram entre si e em relação ao

uso das misturas duplas (T2 e T3), fato que pode ser explicado pelo menor incremento desses tratamentos no controle da FAS.

Tabela 7. Desfolha de soja ocasionada por *Phakopsora pachyrhizi* aos 14 dias após a última aplicação de diferentes fungicidas via foliar. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Tratamentos	Desfolha (%)
1	90,0 d
2	55,5 bc
3	59,5 c
4	50,0 bc
5	55,0 bc
6	50,0 ab
7	45,0 a
<i>P</i> valor	<0,001
DMS <sup>c</sup>	7,51
CV (%)	5,49

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Já o tratamento que recebeu adição do mancozebe na época **B** e mancozebe + carbendazim na época **C** (T7) apresentou diferença significativa em relação à desfolha da cultura, quando comparado ao uso das misturas isoladas, independente do triazol utilizado (cyproconazole ou tebuconazole + azoxystrobin), conforme descrito na Tabela 7. Tal redução também foi beneficiada pelo uso do carbendazim junto à mistura tripla, haja vista que fungicidas do grupo dos benzimidazóis são eficientes para o controle de diversas doenças foliares da cultura da soja (Zambolin, 2008). Não houve diferença estatística entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicidas em relação ao número de vagens por planta e número de grãos por vagem (Tabela 8). Já em relação à testemunha, os tratamentos T6 e T7 diferenciaram-se na variável número de vagens por planta, com 7,6 e 8,5 vagens a mais, respectivamente.

O efeito benéfico da adição do fungicida protetor junto às misturas nas épocas B e C também refletiu na produtividade da cultura, sendo os tratamentos T6 e T7 estatisticamente os mais produtivos, com produções de 1731 e 1883 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Vale ressaltar que as produções ficaram abaixo do usual devido à estiagem prolongada ocorrida na área experimental durante a condução do estudo.

O acréscimo do mancozebe no pós-florescimento da cultura visando o controle da FAS resultou em 300 Kg ha<sup>-1</sup> ou 6 sacas de grãos de soja a mais que a utilização das misturas aplicadas isoladamente, ressaltando o acréscimo de três

modos de ação utilizados conjuntamente no controle químico das doenças avaliadas.

Tabela 8. Componentes de produção e produtividade de plantas de soja após aplicação de diferentes fungicidas via foliar. Rio Verde-GO, Safra 2013/14.

Tratamentos	n° de vagens/planta	n° de grão/vagem	Prod (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>d</sup>
1	20,6 b	33,2 b	1129,4 d
2	24,6 ab	42,7 a	1557,3 bc
3	23,4 ab	42,9 a	1291,3 cd
4	25,7 ab	40,6 a	1305,7 cd
5	24,9 ab	42,9 a	1326,3 cd
6	28,2 a	44,0 a	1731,2 a
7	29,1 a	47,0 a	1883,7 a
<i>P</i> valor	0,0112	0,0046	<0,001
DMS	6,79	9,21	60,53
CV (%)	11,52	9,39	8,29

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

Por fim, tais resultados abrem novas possibilidades de estudos para a adição dos fungicidas protetores, especialmente o ingrediente ativo mancozebe, junto às tradicionais misturas entre triazóis e estrobilurinas, em condições climáticas diferentes dessa safra, visando reforçar os presentes dados sobre o controle não apenas do míldio e da FAS, mas de outros patógenos importantes para a cultura da soja.

## 4 CONCLUSÕES

Para o míldio da soja, os melhores resultados de controle ocorreram quando o mancozebe foi adicionado junto aos triazóis na fase vegetativa da cultura, reduzindo a severidade da doença e aumentou a eficácia dos fungicidas.

Visando ferrugem asiática da soja, a adoção da mistura tripla (triazóis + estrobilurinas + mancozebe) aplicados na fase reprodutiva da cultura apresenta-se como uma estratégia para redução da severidade e desfolha causadas pela ferrugem, contribuindo no controle da doença e propiciando assim aumento na produtividade de grãos da cultura em até 6 sacas/ha.

## REFERÊNCIAS

- ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Exportações do complexo soja. Balanço oferta/demanda.** Disponível em: <[http://www.abiove.com.br/balanco\\_br.html](http://www.abiove.com.br/balanco_br.html)>. Acesso em: 25 jun. 2014.
- ABBOTT, W. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **J. Econ. Entomol.**, v. 18, p. 265-2677, 1925.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários.** Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 09 nov. 2014.
- BALARDIN R. S. Doenças de final de ciclo e ferrugem In: BERGAMIN FILHO, A. **Doenças na cultura da soja.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. Cap. 9, p.97-105.
- BARROS, R. Doenças da Cultura da Soja. IN: **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2008/2009.** 5 ed. Maracaju, MS, Publicações Fundação MS, p. 109-111, 2008.
- BORGES, E.P. et al. Manejo de fungicidas protetores para o controle da ferrugem asiática na cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 39., 2014, Londrina. **Resumos...** Londrina, PR, 2014. p. 243-244.
- DUNLEAVY, J. M. Races of *Peronospora manshurica* in the United States. **American Journal of Botany**, Ames- Iowa, v. 58, n. 3, p. 209-211, 1971.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2010.** Londrina, Embrapa Agropecuária Oeste (CNPSO), 2010.
- FRANS, R. et al. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices: Research Methods in Weed Science. 3 ed. Champaign, **Southern Weed Science Society**, v. 37., 1986.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Ames, State University of Science and Technology, p. 11, 1977. (Special report, n. 80).
- GALLOWAY, J. Effective management of soyabean rust and frogeye leaf spot using a mixture of flusilazole and carbendazim. **Crop Protection**, v. 27, p. 566-71, 2008.
- GODOY, C. V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M. G, Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 63-68, 2006.
- GODOY, C. V. et al. **Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra: Resultados sumarizados dos ensaios em rede.** Londrina, EMBRAPA-Soja, 2007. (Circular Técnica, n. 42).

GODOY, C.V. et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2010/11:** Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina, Embrapa Soja, 2011. (Circular Técnica, n. 87).

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

HIRANO, M. et al. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugemasiática em soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3. p. 248-50, 2010.

HENRY, R. S.; JOHNSON, W. G.; WISE, K. A. The impact of a fungicide and an insecticide on soybean growth, yield, and profitability. **Crop Protection**, v. 30, p.1629-34, 2011.

JAMES, C. **Manual of assessment keys for plant diseases**. SAINT PAUL: APS PRESS, 1971, P.74.

KUMAGAI, H.; KIYOHARA, C.; KONIMYAMA, S. Absorption, translocation and metabolism of polycarbamate, a dithiocarbamate fungicide, in kidney bean seedlings. **Journal of Pesticide Science**, v. 16, p. 641-9, 1991.

KUMAR, U.; AGARWAL, H. C. Fate of [C-14] Mancozeb in Egg Plants (*Solanum-Melongena* L) during Summer under Subtropical Conditions. **Pesticide Science**, v. 36, p.121-125, 1992.

SCHMITZ, H. K. et al. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 70, p. 378-88. 2014.

SHANER, G.; FINNEY, R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1989. 106 p.

SOARES, R. M. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**. v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.

ZAMBOLIM, L. Tipos de fungicidas empregados no controle de doenças de plantas. In: ZAMBOLIM, L. et al. **Produtos fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas**, Viçosa: UFV/DFP, 2008. p. 213-262.