UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IVAN CARLOS ZORZZI

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS ALTERNATIVOS

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2019

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IVAN CARLOS ZORZZI

CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS ALTERNATIVOS

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2019

IVAN CARLOS ZORZZI

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS ALTERNATIVOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro

PATO BRANCO

2019

Z88c **Zorzzi, Ivan Carlos.**
Controle da ferrugem asiática da soja utilizando produtos alternativos / Ivan Carlos Zorzzi. – 2019
46 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2019.
Bibliografia: f. 41 – 46

1. Pragas agrícolas - Controle. 2. Ferrugem asiática. 3. Agricultura alternativa. 4. Cobre. 5. Soja – Doenças e pragas. I. Mazaro, Sérgio Miguel, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.
CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Câmpus Pato Branco

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° XXX

CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA UTILIZANDO PRODUTOS ALTERNATIVOS

por

IVAN CARLOS ZORZZI

Dissertação apresentada às 14 horas 00 min. do dia 25 de fevereiro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Profª. Dra. Maristela dos Santos Rey Borin
UTFPR

Prof. Dr. Gilmar Franzener
UFFS

Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro
UTFPR
Orientador

Prof. Dr. Moeses Andrigo Danner
Coordenador do PPGA

"O Termo de Aprovação, devidamente assinado, encontra-se arquivado na Coordenação do PPGAG, conforme Norma aprovada pelo Colegiado do Programa."

Dedico a minha família, em especial ao nôno Lodovino (*in memoriam)*
e a Deus.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois ele torna tudo possível.

Agradeço aos meus pais, Nadir e Marlei e minha irmã Ivania, pelo zelo e apoio prestados a mim.

Agradeço minha namorada, companheira e amiga Fabiana, pelo companheirismo e otimismo, me auxiliando no que fosse necessário.

A empresa GEBANA Brasil por viabilizar a realização desse projeto.

Ao Dr. Sérgio Miguel Mazaro, pela orientação, confiança e amizade.

Ao colega e amigo Nean Locatelli Dalacosta, pelos momentos de discussão, apoio na realização dos ensaios e acima de tudo pela amizade.

A Mycheli Preuss da Cruz e Alan Henrique Lotici pelo apoio na realização dos ensaios.

A todos que diretamente ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

A agricultura parece ser fácil quando seu arado é um lápis e você está a quilômetros de distância do milharal.
Dwight D. Eisenhawer

RESUMO

ZORZZI, Ivan Carlos. Controle da ferrugem asiática da soja utilizando produtos alternativos. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

Nos últimos anos, tem se observado uma expansão significativa do mercado de produtos orgânicos, impulsionado basicamente por novos padrões de consumo de alimentos e por novos padrões de produção adotados pelos produtores. Neste contexto, o principal problema fitossanitário da soja em sistema orgânico é a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow), para qual existe dificuldade de controle, considerando a restrição de produtos autorizados para uso no sistema orgânico e a limitação de pesquisas relacionadas a esse sistema de manejo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de produtos alternativos sobre a germinação de uredósporos, na severidade da ferrugem da soja em folhas destacadas e no controle da doença em condições de casa de vegetação e a campo. Os tratamentos alternativos foram constituídos por silicato de cálcio, calda sulfocálcica e bordalesa e oxicloreto de cobre. As variáveis analisadas foram germinação de uredósporos, severidade da doença, nível de desfolha, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), massa de mil grãos e produtividade. Os resultados obtidos indicam que existe a possibilidade de uso do oxicloreto de cobre para manejo da ferrugem asiática em sistemas orgânicos de produção. O oxicloreto de cobre reduziu a germinação de uredósporos e quando avaliado em condições controladas utilizando folhas destacadas e casa de vegetação reduziu a severidade da doença. Em condições de campo, o oxicloreto de cobre nas doses de 588 e 882 g ha^{-1} reduziu severidade e AACPD, além de incrementar a produtividade em 1434 kg ha^{-1} em relação a testemunha. Conclui-se que o oxicloreto de cobre pode ser usado como ferramenta no manejo da ferrugem asiática em sistemas orgânicos de produção de soja.

Palavras-chave: *Glycine max.* Agricultura alternativa. Cobre.

ABSTRACT

ZORZZI, Ivan Carlos. Control of Asian soybean rust using alternative products. 48 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology Paraná. Pato Branco, 2019.

In recent years, there has been a significant expansion of the organic market, driven primarily by new food consumption standards and new production standards adopted by producers. In this context, the main phytosanitary problem of soybean in the organic system is Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*), for which it is difficult to control, considering the restriction of products authorized for use in the organic system and the limitation of research related to this management system. The objective of this work was to evaluate the effect of alternative products on the germination of uredospores, on the severity of soybean rust on highlighted leaves and on the control of the disease under greenhouse and field conditions. The alternative treatments were calcium silicate, sulphocalcic and Bordeaux, and copper oxychloride. The variables analyzed were uredospores germination, disease severity, defoliation level, area under the disease progress curve (ABDPC), a thousand grain mass and productivity. The results indicate that there is a possibility of using copper oxychloride to handle Asian rust in organic production systems. Copper oxychloride reduced the germination of uredospores and when evaluated under controlled conditions using detached leaves and greenhouse reduced the severity of the disease. In field conditions, copper oxychloride at the doses of 588 and 882 g ha^{-1} reduced severity and ABDPC, in addition to increasing productivity at 1434 kg ha^{-1} in relation to the control. It is concluded that copper oxychloride can be used as a tool in the management of Asian rust in organic systems of soy production.

Keywords: *Glycine max*. Alternative agriculture. Copper.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Testemunha, calda bordalesa e sulfocalcica a 2%, oxicloreto de cobre 0,5 L ha^{-1} e fungicida tradicional. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017).....25

Figura 2. Placas contendo dois folíolos. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017) 27

Figura 3. Plantas de soja conduzidas em casa de vegetação. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017).....28

Figura 4. Ensaio conduzido em condições de campo. Planalto, PR. (Fonte: O autor, 2017).....30

Figura 5. Severidade de ferrugem asiática em plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em casa de vegetação. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017).....33

Figura 6. Testemunha, oxicloreto de cobre e Azoxistrobina+Benzovindiflupir (esquerda para direita) aos 100 DAS. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017. Fonte: O autor (2017).....35

Figura 7. Precipitação, umidade relativa (UR%) e temperatura média diária durante a condução do ensaio em condições de campo, Planalto, PR (Fonte: INMET, 2018).....36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sigla, tratamento ou produtos alternativos, produto comercial e concentração avaliada. UTFPR, Dois Vizinhos, 2017.....24

Tabela 2: Efeito de tratamentos alternativos sobre a germinação de uredósporos. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017.....31

Tabela 3: Efeito de tratamentos alternativos sobre a severidade de ferrugem asiática aos 15 dias após a inoculação do patógeno em condições de laboratório. UTFPR, Dois Vizinhos, 2017....32

Tabela 4: Severidade final (%), controle(%), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em casa de vegetação. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017.....34

Tabela 5: Severidade final (%), controle(%), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e desfolha de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em condições de campo. Planalto, PR. 2018.....37

Tabela 6: Massa de mil grãos (MMG), produtividade e incremento de produtividade de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em condições de campo. Planalto, PR. 2018.....37

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AACPD	Área abaixo da curva de progresso da doença
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
DAS	Dias Após Semeadura
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAS	Ferrugem Asiática da Soja
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
OAC	Organismo de Avaliação da Conformidade Orgânica
OC	Oxicloreto de cobre
PR	Unidade da Federação – Paraná
SC	Silicato de cálcio
Si	Silicio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....15
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA.....15
2.2 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....17
2.3 ESTRATÉGIAS E PRODUTOS ALTERNATIVOS PARA CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....19
2.3.1 Caldas protetoras.....20
2.3.2 Oxicloreto de cobre.....21
2.3.3 Silicato de cálcio.....22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....24
3.1 PRODUTOS ALTERNATIVOS UTILIZADOS.....24
3.2 GERMINAÇÃO DE UREDÓSPOROS.....24
3.3 EFICIÊNCIA DO CONTROLE EM FOLHAS DESTACADAS.....26
3.4 EFICIÊNCIA DO CONTROLE EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO...27
3.5 EFICIÊNCIA DO CONTROLE EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....28
3.6 ANÁLISE DOS DADOS.....30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....31
4.1 GERMINAÇÃO DE UREDÓSPOROS.....31
4.2 EXPERIMENTO EM FOLHAS DESTACADAS.....32
4.3 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....33
4.5 EXPERIMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....35
5 CONCLUSÕES.....39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....40
REFERÊNCIAS.....41

1 INTRODUÇÃO

Novos padrões de consumo de alimentos pela população, tem impulsionado o consumo de alimentos orgânicos nos últimos anos. Os novos padrões são baseados principalmente em conceitos de preservação do meio ambiente e busca por uma alimentação saudável. Adicionalmente, alguns produtores estão repensando a forma de produzir, motivados principalmente pela dependência de insumos externos, crenças filosóficas ou ainda a possibilidade incrementar sua rentabilidade, por meio de prêmios pagos a produção orgânica.

Neste contexto, o estabelecimento de sistemas orgânicos de produção de milho e soja são importantes para possibilitar atividades ligadas à pecuária orgânica, como a produção de ovos, leite e carne. A partir disso, entre os produtos orgânicos com maior área cultivada e volume de produção, vem se destacando a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] com 12.516 hectares (MEDEIROS et al., 2006). No estado do Paraná a produção de soja orgânica representa importante fonte de renda para agricultores familiares, representando uma área estimada de 1650 hectares e uma produção de cinco mil toneladas (IBGE, 2011).

Apesar de observarmos expansão na área cultivada no Brasil nos últimos anos, ainda há uma carência de informações, principalmente para culturas de grãos, o que impossibilita uma maior adoção desse sistema de cultivo por mais produtores. Entre as informações mais escassas estão às fitossanitárias, destacando-se a ferrugem asiática da soja causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd*,* principal doença da cultura. A importância da doença aumenta principalmente em cultivos manejados sob sistema orgânico, onde não é permitido o uso de fungicidas convencionais, limitando seu controle.

O potencial de dano da doença está relacionado à desfolha prematura e redução do ciclo da cultura devido à morte prematura dos tecidos, condições que impactam negativamente na produtividade. Essas perdas podem variar de 10 a 90% dependendo das condições climáticas e do manejo geral da cultura (YORINORI et al., 2005).

Em cultivos orgânicos de soja tem se utilizado para o manejo da doença produtos a base de oxicloreto de cobre, calda bordalesa e sulfocálcica

associados ou não a fontes de silício, porém são escassos os estudos que avaliam a eficiência desses insumos. Com relação as caldas têm se dificuldade de padronizar a qualidade de produção, que na maioria das vezes é caseira. Neste contexto, o oxicloreto de cobre vem ganhando espaço, por apresentar facilidade de aplicação e estar pronto para uso, permitindo atender áreas extensas de cultivo.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de produtos alternativos sobre a germinação de uredósporos, na severidade da ferrugem da soja em folhas destacadas e no controle da doença em condições de casa de vegetação e a campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é originaria da região da Manchúria, China e graças as suas características nutritivas, industriais e ampla adaptação a diferentes características edafoclimáticas, seu cultivo é um dos mais expressivos no mundo (COSTA NETO; ROSSI, 2000). Foi introduzida no Brasil no ano de 1882, na Bahia, mas foi em Santa Rosa, Rio Grande do Sul que seu cultivo comercial teve início, no ano de 1914 (SANTOS, 1988).

Atualmente a produção de soja no mundo é de 336,699 milhões de toneladas em uma área plantada de 124,580 milhões de hectares, nos Estados Unidos, maior produtor mundial do grão, a produção é de 119,518 milhões de toneladas e produtividade média de 3.299 kg ha^{-1} (USDA, 2018). Já o Brasil, segundo maior produtor mundial do grão, tem produção de 116,996 milhões de toneladas e área plantada de 35,1 milhões de hectares, resultando em uma produtividade média de 3.350 kg ha^{-1} (CONAB, 2018). Ainda de acordo com a CONAB aos maiores estados produtores são o Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, com médias de produtividade de 3.350, 3.503, 2.981kg ha^{-1}, respectivamente.

Com relação ao cultivo de soja orgânica, essa cultura é representada nacionalmente por 12.516 hectares (MEDEIROS et al., 2006). No estado do Paraná a produção de soja orgânica representa importante fonte de renda para agricultores familiares, representando uma área estimada de 1650 hectares e uma produção de cinco mil toneladas alcançada por 214 produtores (HIRAKURI et al., 2011). Assim a produtividade média das áreas orgânicas no estado do Paraná foi de 3030 kg ha^{-1}, 472 kg abaixo da média geral.

No Brasil, a soja tradicional é considera uma fonte de proteína e óleo de boa qualidade e baixo custo (ALMEIDA et al., 2005). Por sua vez a soja orgânica cultivada livre de produtos químicos como herbicidas, fungicidas e inseticidas convencionais, tem custo de produção menor do que no sistema convencional

(HIRAKURI et al., 2011). Cerca de 70% da produção nacional de soja orgânica é exportada para União Europeia (WENZEL, 2018), onde é utilizada principalmente na produção orgânica de bovinos, suínos e aves.

A soja tem ciclo anual e pertence a família Fabaceae e tem reprodução autógama (SEDIYAMA, 2009). O desenvolvimento da cultura é dividido em duas fases, vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa é subdividida em emergência (Ve), estádio cotilédone (Vc) e posteriormente V1 até Vn, de acordo o desenvolvimento de novos folíolos. A mudança de estádio é caracterizada pelo desenvolvimento completo do folíolo imediatamente acima. O desenvolvimento completo é caracterizado pela abertura completa da folha, ou seja, os bordos não se tocam mais. A fase reprodutiva é subdivida em oito partes, sendo elas, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento da semente/grão (R5 e R6) e a maturação da planta (R7 e R8) (FEHR; CAVINESS, 1977).

Observamos que existe uma diferença significativa entre o potencial de produtividade e a produtividade atual. Entre os entraves para atingir tal produtividade podemos citar os problemas fitossanitários, climáticos e operacionais no manejo da cultura. Com relação as doenças no Brasil foram identificadas mais de 40, com potencial de perda de produção variando entre 15 e 20%, podendo chegar a 100% dependendo do patógeno e das condições ambientais e de controle (EMBRAPA, 2010).

De maneira geral, para as doenças que interferem no processo fotossintético considera-se o período crítico entre os estádios R1 e R5, ou seja, do início do florescimento até metade do enchimento de grãos. Este período está fortemente correlacionado com número de grãos por planta, que por sua vez depende da capacidade da planta interceptar radiação solar pela área foliar sadia e acumular biomassa (KANTOLIC, CARMONA, 2012). Nesse sentido o uso racional de fungicidas, permite que o genótipo expresse seu potencial produtivo, pela eliminação do patógeno e manutenção de área foliar sadia e fotossinteticamente ativa.

A falta de controle de doenças no sistema orgânico de produção de soja, é prática comum entre os produtores. A baixa adoção do controle de doenças é motivada pela pouca disponibilidade de insumos e ainda pela falta de comprovação

da eficiência de controle dos insumos que estão disponíveis.

2.2 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

A ferrugem da soja tem como agentes etiológicos duas espécies de fungo do gênero *Phakopsora: P. meibomiae e P. pachyhrizi,* a primeira é agente casual da ferrugem americana e a segunda da ferrugem asiática da soja (FAS). A ferrugem americana dificilmente causa perdas nas condições brasileiras, ocorrendo em condições de clima ameno com temperatura média menor de 25° C e umidade relativa elevada, condições observadas geralmente em locais com altitude superior a 800 metros. Por outro lado, a FAS pode causar perdas em locais com variação de temperatura entre 15-30° C, concomitante ao molhamento foliar superior a 10 horas (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

O agente causal da FAS que é um fungo do filo Basidiomycota, classe Basidiomycetes, ordem Uredinales e família Phakopsoraceae (REIS; CASA, 2012), no Brasil a doença teve grande expansão somente a partir da safra 2001/2002, atingindo vários estados, entre eles RS, SC, PR, SP, MG, MS, MT e GO (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

A principal estrutura de dispersão da doença é o uredósporo, que são removidos das urédias presentes em folhas infectadas e transportados pelo vento, podendo ser transportados entre lavouras próximas ou até mesmo por longas distâncias. Nesse sentido supõe-se que as primeiras estruturas de dispersão do fungo tiveram origem em países do Sul da África, sendo transportados por correntes aéreas do pacífico até o continente americano (YORINORI, 2003).

Quando presente os danos podem variar de 10 a 90% dependendo das condições climáticas e do manejo geral da cultura (YORINORI et al., 2005). As perdas em produtividade estão relacionadas a desfolha precoce, que compromete a formação, enchimento e peso do grão (GODOY et al., 2016), assim quanto mais cedo a doença estabelecer-se maiores serão as perdas econômicas.

A FAS é a principal doença na cultura da soja, seguida pelo mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.)) e as doenças de final de ciclo (GODOY et al., 2016). Estima-se que já foram gastos US$ 15 bilhões no controle da doença na

primeira década após seu descobrimento e perda de 30% da produção até 2025 (IEAg/ABAG, 2015). A perda de produção ocorre principalmente pela redução na taxa de troca de carbono, reduzindo a eficiência do fotossistema II, interferindo na interceptação e uso da radiação solar (KUMUDINI et al., 2008).

A sintomatologia típica da FAS inicialmente são pequenas lesões de coloração mais escura que o tecido sadio da folha, que depois evoluem para pequenas protuberâncias de coloração castanha na superfície abaxial da folha, as quais liberam uredósporos (GODOY et al., 2016). A medida que a doença desenvolve-se as lesões aumentam e o tecido ao redor das urédias adquire coloração marrom, formando lesões em ambas as faces da folha. Assim em altas pressões da doença ocorre o amarelecimento seguido de abscisão das folhas, gerando desfolha precoce da cultura (REIS; BRESOLIN; CARMONA, 2006).

No campo a identificação da doença é dificultada por apresentar um período de latência, que é o período entre a deposição do esporo e aparecimento dos primeiros sintomas. Para ALVES et al. (2006) esse período variou de acordo com a temperatura, sendo de 30, 10 e 12 dias para as temperaturas 10, 20 e 28 °C, respectivamente. Os primeiros sintomas foram observados 11 dias após a inoculação em casa de vegetação com temperatura variando de 19 a 28 °C (GODOY; CANTERI, 2004).

Para germinar o uredósporo necessita formar o tubo germinativo que é delimitado por um apressório e dividido por septo. Além disso na base do apressório desenvolve-se o haustório que depois de penetrar na célula se expande no tecido intercelular e no tecido do mesofilo (MEDICE, 2007). A penetração no tecido vegetal na maioria das situações se dá nas junções das células da epiderme e em alguns casos pelos estômatos, contudo no segundo caso a formação de apressórios não foi observada (ZAMBENEDETTI et al., 2007). Ainda de acordo com autor anterior a formação do apresório ocorre de 4 a 6 horas após a inoculação.

O agente casual da FAS consegue infectar plantas em temperaturas entre 10 e 27,5 °C, sendo a temperatura ótima entre 20 e 23 °C com um período de molhamento foliar mínimo de 6 horas (ALVES et al., 2006). Outros autores citam que para germinar e penetrar na planta, os uredósporos necessitam de temperatura entre 8 °C e 28 °C, sendo o ótimo entre 18 °C e 26,5 °C (HENNING et al., 2014).

A cor da lesão indica uma reação de resistência ou suscetibilidade da cultivar de soja, sendo de cor marrom-avermelhada (lesão RB) indicação de resistência parcial, isto é, apesar de haver a infecção no tecido vegetal, não ocorre esporulação; e de cor castanha (lesão TAN) indicação de suscetibilidade (GODOY et al., 2016).

Além disso o fungo *P. pachyrhizi* é parasita obrigatório, por isso sua manutenção no ambiente depende de hospedeiros vivos. No Brasil as principais fontes de inócuo plantas voluntárias de soja, plantas de feijoeiro e os hospedeiros secundários como o kudzú (*Pueraria montanavar. Lobata*) (REIS et al., 2012). Ainda segundo os autores, o fator limitante para a ocorrência da doença são as condições climáticas favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento da doença, já que existe ampla disponibilidade de inóculo.

2.3 ESTRATÉGIAS E PRODUTOS ALTERNATIVOS PARA CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

Entre as estratégias recomendadas para o manejo da FAS destacam-se: utilização de cultivares de ciclo precoce, semeadura no início da época recomendada, a eliminação de plantas de soja voluntárias, ausência de cultivo de soja na entressafra por meio do vazio sanitário, monitoramento da lavoura, utilização de cultivares com resistência e a utilização de fungicidas no aparecimento dos sintomas ou preventivamente (TECNOLOGIAS, 2013). Assim, os fungicidas são a principal ferramenta no manejo da FAS incidente na soja (GODOY et al., 2007), sendo essa condição valida também para o cultivo de soja orgânica.

Demonstrada a importância do uso de fungicidas como estratégia de manejo da FAS, em áreas com produção de soja orgânica usa-se fungicidas/insumos autorizados para uso na Agricultura Orgânica. Seguindo as exigências da Lei N° 10.831/03, decreto N° 6.323/07 e recomendações das Instruções Normativas 46 de 2011 e 17 de 2014, que tratam da produção orgânica vegetal e animal no Brasil.

De acordo com as referidas instruções normativas podem ser utilizadas as substâncias ativas: sulfato e oxicloreto de cobre (máximo 6 kg de cobre por

hectare por ano), enxofre elementar e óxido de cálcio (cal virgem) e silicato de cálcio, desde que autorizadas Organismo de Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC).

A classe de fungicidas inorgânicos pode ser dividida em cúpricos e sulfúricos (RODRIGUES, 2006; FRAC, 2017), sendo representada no manejo orgânico pelas caldas bordalesa, sulfocálcica e oxicloreto de cobre. Historicamente os fungicidas protetores inorgânicos foram os primeiros compostos químicos utilizados em larga escala para o manejo de doenças em plantas (AZEVEDO, 2017). Portanto, devido a característica de proteção devem ser aplicados antecendo a deposição das estruturas de reprodução nos sítios de infecção do hospedeiro, assim se tem a possibilidade de ação antes ou durante o processo de germinação do fungo (REIS, 2016).

Considerando o exposto acima, existe um número restrito de insumos autorizados para uso na produção de soja orgânica e existem poucos estudos na literatura mostrando a real eficiência de controle desses em relação ao controle convencional com fungicidas químicos. Assim buscou-se abaixo, descrever os mecanismos de ação de cada insumo alternativo, bem como alguns resultados obtidos na literatura.

2.3.1 Caldas protetoras

A calda bordalesa é fabricada a partir da mistura de cal virgem e sulfato de cobre, apresenta ação fungicida e bactericida quando aplicada de maneira preventiva (MAZARO et al., 2013). Essa calda é preparada a partir da dissolução do sulfato de cobre e do óxido de cálcio (cal virgem) em vasilhames separados e em quantidades de cada ingrediente dependente da concentração da calda esperada. Geralmente são utilizadas combinações de 1 kg de sulfato de cobre com 1 kg de óxido de cálcio (ZORZZI et al., 2017).

De forma isolada os componentes da calda bordalesa não tem efeito de controle como na mistura final, podendo até mesmo ter efeito fitotóxico no caso do sulfato de cobre. Esse efeito sinérgico entre os íons cúpricos, sulfato, cálcio e OH^-, que exerce controle sobre as doenças (POLITO, 2001).

Na literatura são relatados controles significativos com a utilização de calda bordalesa para a requeima da batata e míldio em videira (GONÇALVES, 2007; PERUCH, 2008). Para a cultura da soja, a utilização quinzenal da calda proporcionou controle 63% da FAS em sistema orgânico de produção (CARVALHO, 2009). Também se tem a recomendação da calda para controle da ferrugem do café (*Hemileia vastatrix) e* ferrugem da figueira (*Cerotelium fici)* (AZEVEDO, 2017).

Já a calda sulfocálcica quando aplicada sobre as plantas reage com o gás carbônico e água, gerando gás sulfídrico (H_2S) e enxofre coloidal (S) (POLITO, 2001). O enxofre ao penetrar nas células impede o transporte de elétrons na mitocôndria, impedindo a respiração e multiplicação do microrganismo patogênico (AZEVEDO, 2015). A calda sulfocácica tem sido utilizada com certa frequência devido a suas características fungicida, inseticida e acaricida (MAZARO et al., 2013), principalmente em fruticultura, figo, macieira, videira, caquizeiro e citros (AZEVEDO, 2017).

A preparação da calda sulfocálcica é feita utilizando enxofre em pó e cal virgem sob agitação e fervura (ZORZZI et al., 2017). Em resumo adiciona-se o enxofre em um recipiente com um pouco de água morna, agitando-se até formar uma pasta, posteriormente adiciona-se a cal e água sob agitação constante. O volume de água deve ser mantido durante a fervura de aproximadamente uma hora. As quantidades de cada ingrediente dependem da concentração a ser alcançada, por exemplo, com 20 L de água, 1 kg de cal virgem e 2 kg de enxofre, obtêm-se uma calda com aproximadamente 29-32 °Bé.

2.3.2 Oxicloreto de cobre

Os fungicidas com compostos fixos de cobre, vieram de certo modo para substituir a utilização das caldas, principalmente pela dificuldade de preparo e falta de garantias mínimas na fabricação, viabilizando o uso em grandes áreas sob sistema orgânico de produção. Tais compostos recebem o nome de compostos fixos de cobre por apresentarem o íon cobre preso a uma estrutura química estável (AZEVEDO, 2017). Na cultura do cafeeiro o oxicloreto de cobre é amplamente utilizado para manejo da ferrugem da cultura (*Hemileia vastatrix)*, inclusive em

cultivos não orgânicos.

O oxicloreto de cobre, quando em contato com a água libera um cobre iônico (Cu^{+2}), uma molécula de cloro e três hidroxilas (AZEVEDO, 2017). O cobre iônico liberado na reação com água, quando em contato com os esporos e/ou tubo germinativo de fungos é imediatamente acumulado nas membranas de fungos sensíveis (DUPONT, 2014). Pode atuar de duas formas, quimicamente quando os íons de Cu são levados a mitocôndria, onde bloquearão a respiração, e fisicamente quando ocorre a desidratação do esporo, pela formação de microlesões devido a absorção dos íons de cobre.

Os resultados de controle para FAS observados nos ensaios cooperativos sumarizados pela EMBRAPA Soja, com a utilização de oxicloreto de cobre 280 e 560 g ha^{-1} em cinco aplicações, resultaram em um controle médio de 40 e 49%, respectivamente (GODOY et al., 2016). Ainda no trabalho anterior, o oxicloreto não foi o fungicida protetor com o melhor desempenho, mas obteve controle superior ao sulfato de cobre com 38%, que também tem a possibilidade de uso na agricultura orgânica. Cabe destacar que o sulfato e oxicloreto de cobre não possuem registro no MAPA para controle da FAS.

Silva Junior et al. (2009) utilizando oxicloreto de cobre na dose 2520 g ha^{-1} com aplicações em diferentes estádios de aplicação (V6, R1, R5, V6 + R1, V6 + R5 e R1 + R5), obseram redução média de 45% na área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha, enquanto o tratamento químico (Pyraclostrobin + Epoxiconazole) reduziu em 73%. Contudo não houve incremento de produtividade com a aplicação do oxicloreto de cobre em relação a testemunha.

2.3.3 Silicato de cálcio

A utilização de silicatos de cálcio no manejo de doenças pode ser uma alternativa, baseada na formação de uma barreira física na superfície foliar que impede a penetração e desenvolvimento do patógeno ou ainda pela deposição de Si no interior da folha, o que reduziria a penetração e germinação do patógeno (DUARTE et al., 2009). Contudo os mesmos autores utilizaram silicato de potássio (KSi) e não observaram controle eficiente da ferrugem asiática da soja, isoladamente

e em associação com os fungicidas protetor (mancozebe) e sistêmico (tebuconazole), apesar de observarem deposição de Si no interior da folha.

Em plantas de soja cultivadas em solo enriquecido com silicato de cálcio ou pulverizadas com silicato de potássio, houve reduções de 43 e 36% respectivamente na área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática, retardando em três dias o aparecimento da ferrugem asiática nos dois anos avaliados (LEMES et al., 2011). A explicação para o retardamento do aparecimento é o acúmulo de Si na folha (subcuticular), o que interfere na penetração do patógeno, sendo mais eficiente via solo devido às quantidades absorvidas serem superiores a aplicação foliar. Ainda os autores sugerem que a resposta à aplicação foliar geralmente está relacionada a uma resposta de indução de resistência com produção de fitoalexinas e compostos fenólicos ou ainda pela formação de uma camada protetora sobre a folha.

Outro trabalho avaliando o fornecimento de Si via solução nutritiva, resultou em menor número de lesões, urédias abertas (produzindo uredósporos) e fechadas, 27, 23 e 60%, respectivamente, em relação ao tratamento que não recebeu Si (CRUZ et al., 2012). Lima et al. (2010), ao estudar a resposta a doses crescentes de Si via solução nutritiva, também observou redução na severidade da ferrugem, concomitante ao aumento dos teores de lignina. A utilização de silicato de potássio pulverizado e o fornecimento de silicato de cálcio via solo, reduziram o número de urédias, reduzindo assim os sintomas da FAS (CRUZ et al., 2013).

Arsenault-Labrecque et al. (2012), estudaram duas cultivares de soja em sistema hidropônico, Williams 82 e Hikmok, fornecendo ou não Si na solução hidropônica. O fornecimento de Si para a primeira cultivar não afetou sua concentração no tecido foliar e incidência de ferrugem asiática. Por outro lado, quando foi fornecido Si para a cultivar Hikmok ocorreu incremento de Si no tecido foliar e redução da severidade da ferrugem, com presença de sintomas característicos de reação de hipersensibilidade após a inoculação do patógeno. Para os autores a diferença de níveis de absorção entre genótipos está associada a presença e/ou eficacia de transportadores especializados em Si.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PRODUTOS ALTERNATIVOS UTILIZADOS

Os produtos alternativos avaliados estão descritos na Tabela 1, sendo que com exceção do fungicida convencional, os demais têm possibilidade de uso na Agricultura Orgânica, de acordo com a Lei N° 10.831/03, decreto N° 6.323/07 e Instruções Normativas 46 de 2011 e 17 de 2014. A possibilidade de uso deve ser autorizada pelo Organismo de Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC).

Tabela 1: Sigla, tratamento ou produtos alternativos, produto comercial e concentração avaliada. UTFPR, Dois Vizinhos, 2017.

Sigla	Tratamentos	Composição	Doses avaliadas*
SC	Silicato de cálcio	P_2O_5 5,4%; Ca 5,6%; Mg 4,8%; Si 8%	600 g ha^{-1}
CS	Calda sulfocálcica	20 kg de enxofre + 15 kg de óxido de cálcio para 100 L de água (29° Bé**)	2%***
CB	Calda bordalesa	2 kg de sulfato de cobre +2 kg óxido de cálcio virgem para 100 L de água (pH 7.6)	2%***
OC	Fonte de cobre comercial	Oxicloreto de cobre 588 g L^{-1}	294; 588 e 882 g ha^{-1}
AB	Fungicida tradicional	Azoxistrobina (300 g kg^{-1})+ Benzovindiflupir (150 g kg^{-1})	200 g ha^{-1} ****

* todos os ensaios foram realizados com volume de calda de 150 L ha^{-1}; ** concentração aferida com densímetro; *** concentração para volume de calda de 150 L ha^{-1} e adicionado 0,25% de óleo vegetal; **** Nimbus adicionado a 0,3 L ha^{-1};

A dose da fonte de silício estudada foi baseada na recomendação do fabricante para a cultura da soja. Já as concentrações das caldas bordalesa e sulfocálcica, são baseadas em ensaios realizados pela GEBANA Brasil em parceria com UTFPR, campus Dois Vizinhos, onde concentrações superiores a 2% causaram fitotoxidade na cultura da soja (Dados não publicados).

3.2 GERMINAÇÃO DE UREDÓSPOROS

Para a avaliação da germinação de uredósporos foi preparada uma

suspensão de água estéril com concentração de 1 x 10^5 uredósporos mL^{-1} aferida utilizando câmera de Neubauer (DORIGHELLO et al., 2015). Os uredósporos foram coletados com auxílio de um pincel em folíolos que apresentavam sintomas da ferrugem asiática.

Foram aplicados 10 microlitros (µL) da suspensão sobre uma lâmina de vidro e sobre ela uma alíquota de mesmo volume da suspensão contendo água estéril mais o produto alternativo, com o dobro da dose testada. Neste ensaio foram avaliados os tratamentos, testemunha, calda bordalesa e sulfocalcica a 2%, oxicloreto de cobre 0,5 L ha^{-1} e fungicida tradicional, diluídos para um volume de calda de 150 L ha^{-1} (Figura 1).

Figura 1. Testemunha, calda bordalesa e sulfocalcica a 2%, oxicloreto de cobre 0,5 L ha^{-1} e fungicida tradicional. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017)

Posteriormente as lâminas foram incubadas em DBO (Demanda Bioquímica de oxigênio) por seis horas no escuro, sob temperatura de 25 ± 2 ºC (BUZZERIO, 2006) e utilizando para interromper o processo de germinação 10 µL de lactofenol (DORIGHELLO et al., 2015). Após interrompido o processo de germinação foi realizada a avaliação da percentagem de germinação de uredósporos, considerando como germinados aqueles uredósporos com tubo germinativo maior que o tamanho do esporo (BUZZERIO, 2006). Foram observados 100 uredósporos aleatoriamente, em microscópio com aumento de 100 vezes (SOARES et al., 2008).

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, durante o mês de março de

2017. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por duas contagens de 100 esporos em uma mesma lâmina de vidro.

3.3 EFICIÊNCIA DO CONTROLE EM FOLHAS DESTACADAS

Foram coletadas folhas unifolioladas de plantas de soja cultivar BRS 284 conduzidas em vasos acondicionados em casa de vegetação. Os tratamentos foram aplicados pela imersão das folhas em solução composta por água destilada mais o produto alternativo por três segundos. Neste ensaio foram avaliados os tratamentos: testemunha, calda bordalesa e sulfocálcica, oxicloreto de cobre 294 g ha^{-1} isolados e associados a fonte de silicato de cálcio, silicato de cálcio isolado, e fungicida tradicional, diluídos para um volume de calda de 150 L ha^{-1} e doses de acordo com a Tabela 1.

Após receberem o tratamento os folíolos foram acondicionados em placa de petri com face abaxial para cima e com papel filtro no fundo para manter a umidade (Figura 2). Após 24 horas receberam uma solução de água estéril com concentração de 1 x 10^5 uredósporos mL^{-1}, aplicada com borrifador manual (DORIGHELLO et al., 2015). As placas permaneceram em BOD por 15 dias, com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 20 ± 2 ºC e umidade relativa acima de 60% (SCHERB; MEHL, 2006). Aos 15 dias após a inoculação da doença, foi realizada a avaliação de severidade utilizando a escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006).

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos, durante o mês de maio de 2017. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por duas placas de Petri, com dois folíolos cada.

Figura 2. Placas contendo dois folíolos. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017)

3.4 EFICIÊNCIA DO CONTROLE EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO

Foram semeadas cinco sementes da cultivar BRS 284 em vasos com capacidade de 10 litros, preenchidos com solo de lavoura comercial e mantidas apenas duas plantas por vaso a partir de estádio vegetativo V6. O ensaio foi conduzido no período de 20 outubro de 2016 a 15 fevereiro de 2017, em casa de vegetação com temperatura média de 24 °C e umidade relativa acima de 65%.

As pulverizações foram espaçadas em 15 dias, iniciando aos 30 dias após a semeadura, totalizando cinco aplicações. Para aplicação foi utilizado aplicador de CO_2, aferido para volume de calda de 150 litros ha^{-1}. A introdução do patógeno no ambiente foi pela aplicação de suspensão contendo 4 x 10^4 uredósporos mL^{-1}, um dia após a primeira aplicação dos tratamentos (ZANATTA; REIS; ZANATTA, 2012). Neste ensaio foram avaliados os tratamentos: calda bordalesa e sulfocalcica, oxicloreto de cobre 294 g ha^{-1} isolados e associados ao silicato de cálcio, silicato de cálcio isolado, fungicida convencional e testemunha.

As avaliações de severidade tiveram início com o aparecimento dos primeiros sintomas e posteriormente a cada 10 dias, utilizando escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006). Foram avaliados três trifólios por planta, distribuídos nos terços inferior, médio e superior e depois extrapolados para a planta

como um todo, considerando a média dos três valores e calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977), severidade final e controle.

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação localizada na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos (Figura 3). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por um vaso, com duas plantas.

Figura 3. Plantas de soja conduzidas em casa de vegetação. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017)

3.5 EFICIÊNCIA DO CONTROLE EM CONDIÇÕES DE CAMPO

O ensaio foi instalado em Planalto, PR na área experimental da empresa GEBANA Brasil, utilizando-se a cultivar BRS 284, com população inicial de 266 000 plantas ha^{-1} e espaçamento de 0,45 metros. A cultivar BRS 284, convencional, tem ciclo precoce (grupo de maturação 6.5), hábito de crescimento indeterminado e indicada para cultivo em regiões com altitude máxima de 700 metros. A semeadura foi realizada em 23 de outubro de 2017.

Os tratos culturais seguiram as recomendações da Instrução Normativa 46 de 2011. A adubação foi de 400 kg ha^{-1} da formulação 07-2.2-08 (composto por

dejetos de aves fermentado, fosfato natural e sulfato de potássio). Já o controle de lagartas foi realizado com duas aplicações de BtControl® (inseticida a base de *Bacillus thuringiensis*) e manejo de plantas daninhas com capina manual.

As pulverizações foram espaçadas em 12 dias, iniciando aos 56 dias após a semeadura no dia 18/12/2017, 30/12/2018, 11/01/2018, 23/01/2018 e 04/02/2018. A primeira aplicação foi determinada com o aparecimento dos primeiros esporos nos coletores de esporos da região sudoeste do Paraná. Para aplicação foi utilizado pulverizador elétrico, aferido para volume de calda de 150 litros ha^{-1}. Neste ensaio foram avaliados os tratamentos: oxicloreto de cobre 294, 588 e 882 g ha^{-1}, fungicida tradicional e testemunha. O oxicloreto foi o único produto alternativo que passou para a avaliação de campo por apresentar controle satisfatório no ensaio em casa de vegetação.

As avaliações de severidade tiveram início com o aparecimento dos primeiros sintomas e posteriormente a cada sete dias, utilizando escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006). Foram avaliados três trifólios por planta em 10 plantas por parcela distribuídos nos terços inferior, médio e superior e depois extrapolados para a planta como um todo, considerando a média dos três valores e calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977), severidade final (%) e porcentagem de controle. Também foi avaliado o nível de desfolha da cultura, seguindo escala proposta por Hirano et al. (2010), realizada juntamente com a última avaliação de severidade de ferrugem na cultura, utilizando a linha central de cada parcela e atribuindo níveis de severidade de desfolha variando de 5, 15, 45, 65, 85 e 100%.

Também foram avaliadas variáveis relacionadas ao rendimento da cultura, obtidas colhendo-se a área útil de cada parcela (4,05 m^2): massa de mil grãos (MMG), determinada de acordo com as Regras de Análise de Sementes (2009), utilizando-se oito repetições de 100 sementes e produtividade, avaliada pela pesagem do total de grãos colhidos na área útil da parcela, ambas variáveis com umidade corrigida para 13%. Devido a desfolha precoce os tratamentos foram colhidos em datas diferentes: a testemunha e oxicloreto de cobre 294 g ha^{-1} em 01/03/2018 (129 dias após semeadura), 882 e 588 g ha^{-1} no dia 05/03/2018 (133 dias após semeadura) e fungicida convencional 13/03/2018 (141 dias após

semeadura).

O delineamento utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por uma parcela de seis linhas por cinco metros de comprimento (13,5 m^2) e área útil às três linhas centrais com três metros de comprimento (4,05 m^2) (Figura 4).

Figura 4. Ensaio conduzido em condições de campo. Planalto, PR. (Fonte: O autor, 2017)

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett e ao teste de normalidade de Lilliefors e quando atenderam esses pressupostos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e posterior teste de comparação múltipla de médias Scott Knott a 5%, utilizando-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 GERMINAÇÃO DE UREDÓSPOROS

A germinação de uredósporos foi afetada pelos tratamentos alternativos, indicando o potencial de alguns no controle de FAS, não havendo diferença significativa entre os tratamentos com calda bordalesa (CB), oxicloreto de cobre (OC) e Azoxistrobina + Benzovindiflupir (AB) (Tabela 2). O tratamento com calda sulfocálcica não diferiu significativamente do tratamento testemunha, não sendo observado redução na porcentagem de uredósporos germinados.

Tabela 2: Efeito de tratamentos alternativos sobre a germinação de uredósporos. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017.

Tratamento	**Germinação (%)**		**Redução (%)**
Testemunha	85.3	a	0.0
Calda Sulfocálcica	83.8	a	1.8
Calda Bordalesa	64.0	b	25.0
Oxicloreto de Cobre 294	58.0	b	32.0
Oxicloreto de Cobre 588	59.9	b	29.8
Azoxistrobina+Benzovindiflupir	42.8	b	49.8
Média	66.8		-
CV(%)	15.1		-

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade. Fonte: O autor (2018)

Dessa forma, observou-se redução na germinação de uredoporos nos tartamentos com Azoxistrobina+Benzovindiflupir e cobre. O cobre iônico liberado na reação com água, pode ser imediatamente acumulado nas membranas de fungos sensíveis (DUPONT, 2014). Depois de acumulado, pode atuar, quimicamente quando os íons de Cu são levados a mitocôndria, onde bloquearão a respiração, e fisicamente quando ocorre a desidratação do esporo, pela formação de microlesões devido a absorção dos íons de cobre.

Com base nisso, os compostos a base de cobre devem ser aplicados antecendo a deposição das estruturas de reprodução nos sítios de infecção do hospedeiro, assim se tem a possibilidade de ação antes ou durante o processo de germinação do fungo (REIS, 2016). Essa condição deve ser observada e ser

baseada no monitoramento constante da lavoura e após observada a presença de uredósporos no caso da FAS, as aplicações de fungicidas protetores devem ser regulares.

4.2 EXPERIMENTO EM FOLHAS DESTACADAS

Os tratamentos com utilização de caldas bordalesa e sulfocálcica não foram avaliados por apresentarem fitotoxidade, situação que dificultou a identificação e quantificação da FAS. A fitotoxidade observada no ensaio está relacionada a metodologia empregada, onde a imersão dos folíolos nos tratamentos contendo as referidas caldas provocou a degradação da parede celular, gerando a fitotoxidade.

A severidade da FAS nas folhas destacadas aos 15 dias após a inoculação não foi afetada pelo silicato de cálcio utilizado de maneira isolada ou em associação, indicando uma baixa capacidade de controle da doença (Tabela 3). Tem se observado na literatura controle superior com a utilização do silicato de cálcio via solo, em relação aquele aplicado via foliar, principalmente devido as quantidades absorvidas via solo serem superiores a aplicação foliar (LEMES et al., 2011; CRUZ et al., 2013).

Por outro lado os tratamentos contendo oxicloreto de cobre isolado ou associado ao silicato de cálcio e Azoxistrobina+Benzovindiflupir não diferiram significativamente entre si, indicando o potencial do oxicloreto de cobre no controle de FAS (Tabela 3). A aplicação do oxicloreto de cobre antecedendo a deposição do esporo na folha permitiu um controle satisfatório da doença.

Tabela 3: Efeito de tratamentos alternativos sobre a severidade de ferrugem asiática aos 15 dias após a inoculação do patógeno em condições de laboratório. UTFPR, Dois Vizinhos, 2017.

Tratamento	**Severidade (%)**		**Controle (%)**
Testemunha	7.62	a	0.0
Silicato de cálcio (SC)	5.35	a	29.8
Oxicloreto de cobre 294 (OC)	1.80	b	76.4
OC+SC	1.92	b	74.8
Azoxistrobina+Benzovindiflupir	1.43	b	81.2
Média	3.6		-
CV(%)	36.2		-

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade. Fonte: O autor (2017)

4.3 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

A inoculação da FAS foi realizada aos 31 dias após a semeadura (DAS), os primeiros sintomas surgiram aos 48 DAS (Figura 5).

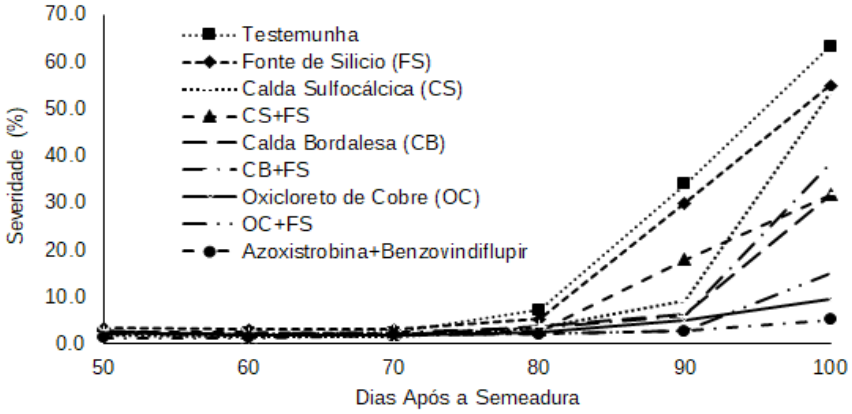

Figura 5.Severidade de ferrugem asiática em plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em casa de vegetação. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017 (Fonte: O autor 2017)

A severidade final foi afetada pelos tratamentos alternativos não sendo observada diferença significativa entre testemunha, fonte de silicato de cálcio e calda sulfocálcica (Tabela 4). A calda bordalesa utilizada de maneira isolada proporcionou controle de 49.9% da FAS, resultado inferior ao citado por Carvalho et al. (2009) em condições de campo, que observou controle de 63% utilizando aplicações quinzenais. As caldas de maneira geral são de difícil padronização principalmente se armazenadas por longos períodos, assim essa falta de padronização pode gerar níveis de controle diferentes.

Os tratamentos com controle superior foram o oxicloreto de cobre e Azoxistrobina+Benzovindiflupi com 85% e 91.7% de controle, respectivamente (Tabela 4). A efetividade no controle de FAS do oxicloreto de cobre em relação as caldas pode ser resultado da padronização da qualidade de produção do mesmo e por já conter em sua formulação adjuvantes que auxiliam na distribuição e fixação do ingrediente ativo sobre a folha.

Quando observamos a adição do SC via foliar em nenhum dos

tratamentos foi observado incremento no controle da FAS (Tabela 4). A utilização de silicato de potássio (KSi) não foi eficiente no controle da ferrugem asiática da soja, usado isoladamente e em associação com os fungicidas protetor (mancozebe) e sistêmico (tebuconazole) (DUARTE et al., 2009).

Lemes et al. (2011) observou reduções de 36% na área abaixo da curva do progresso da ferrugem asiática, utilizando silicato de potássio. Esse controle observado é possível pela formação de uma barreira física ou ainda pela deposição de Si no interior da folha, o que reduziria a penetração e desenvolvimento do patógeno. Outros autores sugerem que resposta à aplicação foliar geralmente está relacionada a uma resposta de indução de resistência com produção de fitoalexinas e compostos fenólicos (LEMES et al., 2011).

O tratamento SC não reduziu a AACPD utilizado de maneira isolada ou quando associado aos tratamentos (Tabela 4). A calda sulfocálcica e bordalesa diferiram da testemunha e entre si, mas foram menos eficientes que o OC a 294 g ha^{-1}, que não diferiu do Azoxistrobina+Benzovindiflupi (Figura 6). Com base no observado o oxicloreto de cobre foi testado em condições de campo, com diferentes doses.

Tabela 4: Severidade final (%), controle(%), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em casa de vegetação. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017.

Tratamento	Severidade Final (%)		Controle (%)	AACPD	
Testemunha	63.3	a	0.0	788.6	a
Silicato de cálcio (SC)	55.0	a	13.1	708.1	a
Calda Sulfocálcica (CS)	53.3	a	15.8	436.0	b
CS+SC	50.3	a	18.8	427.5	b
Calda Bordalesa (CB)	31.8	b	49.9	312.0	c
CB+SC	38.3	b	39.6	345.8	c
Oxicloreto de Cobre 294 (OC)	9.5	d	85.0	173.4	d
OC 294 +SC	15.0	c	76.3	175.0	d
Azoxistrobina+Benzovindiflupir	5.3	d	91.7	114.1	d
Média	33.7		52.6	386.7	
CV(%)	10.1			12.4	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade. Dados transformados por raiz de x. Fonte: O autor (2018).

Figura 6. Testemunha, oxicloreto de cobre e Azoxistrobina+Benzovindiflupir (esquerda para direita) aos 100 DAS. UTFPR, campus Dois Vizinhos, 2017. Fonte: O autor (2017).

4.5 EXPERIMENTO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

As condições climáticas observadas durante a realização do ensaio em condições de campo podem ser consultadas na Figura 7. A precipitação total observada foi de 1190 mm, em média 9 mm dia^{-1}, a temperatura média diária de 25°C e umidade relativa de 75% durante a condução do ensaio. As condições ambientais foram favoráveis para o agente casual da FAS conseguir infectar plantas, já que foram observadas temperaturas médias entre 18 °C e 26,5 °C e períodos de molhamento foliar superiores a 6 horas (ALVES et al., 2006; HENNING et al., 2014).

Durante as aplicações dos tratamentos de acordo com as datas 18 e 30/12/2017, 11 e 23/01/2018 e 04/02/2018, as temperaturas observadas foram respectivamente 25, 25.1, 23.6, 24.8 e 24 °C, já os valores de umidade relativa foram 70, 71.2, 68, 82.6, 64%, respectivamente.

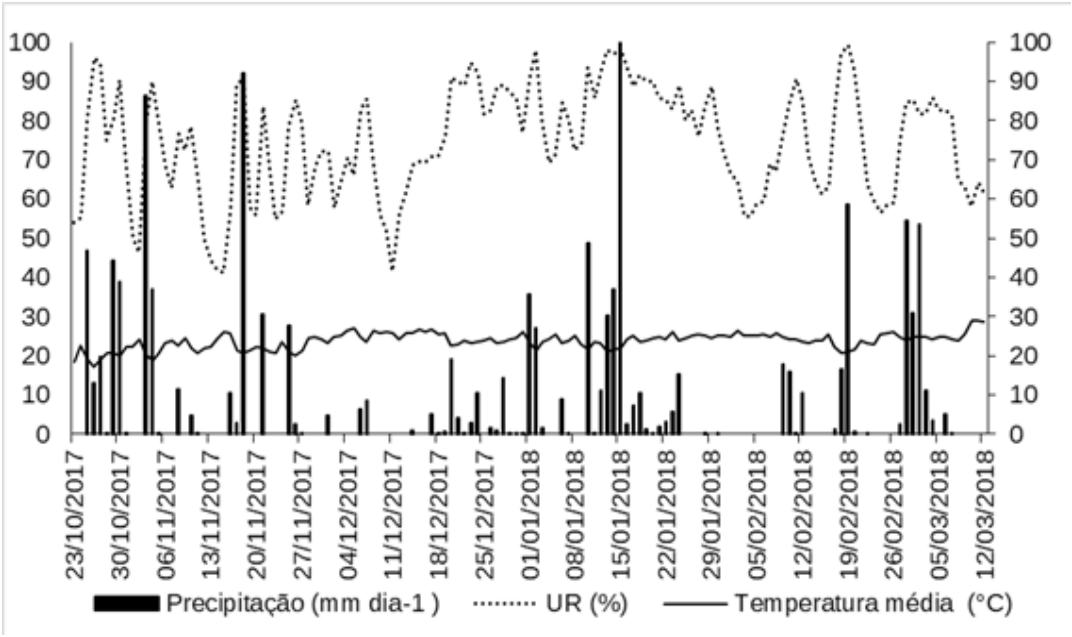

Figura 7. Precipitação, umidade relativa (UR%) e temperatura média diária durante a condução do ensaio em condições de campo, Planalto, PR (Fonte: INMET, 2018)

O oxicloreto de cobre na dose de 294 g ha^{-1} não diferiu significativamente da testemunha (Tabela 5). Essa falta de resposta do OC como protetor em doses baixas, indica a necessidade de intervalos mais curtos entre as aplicações, buscando minimizar perdas por intempéries e falta de proteção em folhas novas. O controle da FAS em condições de campo para o Azoxistrobina+Benzovindiflupir, que ficou em 50,8%, não diferiu significativamente dos tratamento OC 588 e OC 882, com controle de 30,7 e 37,3%, respectivamente.

Os resultados de controle observados nesse trabalho estão abaixo daqueles observados nos ensaios cooperativos sumarizados pela EMBRAPA Soja. Nesses o uso de 280 e 560 g ha^{-1} de oxicloreto de cobre em cinco aplicações, resultou em um controle médio de 40 e 49% da FAS em 22 ensaios (GODOY et al., 2016). Silva Junior et al. (2009) utilizando oxicloreto de cobre na dose 2520 g ha^{-1} observou controle de 45%, enquanto do tratamento químico (Pyraclostrobin + Epoxiconazole) controlou 73% da FAS. Contudo, os autores não relataram efeito na produtividade da cultura.

Apesar da severidade e AACPD não diferirem entre as duas doses de OC e Azoxistrobina+Benzovindiflupir, para a desfolha foi observada diferença

significativa (Tabela 5). A menor desfolha observada no tratamento com Azoxistrobina+Benzovindiflupir, está associada a capacidade da estrobilurina minimizar a produção de etileno, que está relacionado a senescência das folhas (REIS; REIS; CARMONA, 2016).

Tabela 5: Severidade final (%), controle(%), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e desfolha de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em condições de campo. Planalto, PR. 2018.

Tratamento	Severidade (%)		Controle (%)	AACPD		Desfolha	
Testemunha	92.0	a	0	552.1	a	92.5	a
OC 294	84.1	a	8.6	396.0	b	83.8	a
OC 588	63.8	b	30.7	239.0	c	75.0	b
OC 882	57.7	b	37.3	210.1	c	70.0	b
Azoxistrobina+Benzovindiflupir	45.3	b	50.8	161.4	c	55.0	c
Média	68.6		31.8	311.7		75.3	
CV(%)	19.8		-	20.4		13.4	

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade. Fonte: O autor (2018).

Para as variáveis massa de mil grãos e produtividade os tratamentos que receberam OC 588 e 882 g ha^{-1} e Azoxistrobina+Benzovindiflupir, diferiram entre si (Tabela 6).

Tabela 6: Massa de mil grãos (MMG), produtividade e incremento de produtividade de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos alternativos em condições de campo. Planalto, PR. 2018.

Tratamento	MMG (g)		Produtividade (kg ha^{-1})		Incremento (sc ha^{-1})
Testemunha	109.8	d	1609.6	d	0
OC 294	115.3	c	2036.7	c	7.1
OC 588	124.8	b	3086.2	b	24.6
OC 882	123.1	b	3003.2	b	23.2
Azoxistrobina+Benzovindiflupir	133.3	a	3358.7	a	29.2
Média	121.3		2618.9		-
CV(%)	4.2		7.0		-

Médias seguidas por letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 1% de probabilidade. Fonte: O autor (2018)

O tratamento com Azoxistrobina+Benzovindiflupir, proporcionou a maior produtividade 3358 kg ha^{-1}. Essa maior produtividade pode estar relacionada a menor desfolha antecipada observada no tratamento com fungicida tradicional, condição que permitiu uma prolongação do período de enchimento de grãos em

relação aos demais tratamentos, fato evidenciado pela maior MMG.

Já os tratamentos que receberam OC 588 e 882 g ha^{-1} tiveram produtividades acima de 3000 kg ha^{-1}, observando-se incrementos de produtividade com as aplicações de oxicloreto em relação a testemunha. Essa constatação é importante pois diversos produtores de soja orgânica não realizam aplicações para manejo de doenças na cultura.

5 CONCLUSÕES

O oxicloreto de cobre reduziu a germinação de uredósporos e em condições controladas utilizando folhas destacadas e casa de vegetação proporcionou um controle satisfatório da FAS.

Em condições de campo, o oxicloreto de cobre foi o melhor tratamento alternativo, apresentando-se como potencial de uso em sistemas orgânicos de produção, nas doses de 588 e 882 g ha^{-1} para manejo da FAS.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O oxicloreto de cobre apresenta-se como uma alternativa adequada para o manejo de ferrugem asiática da soja em sistemas orgânicos de produção. Contudo esse ingrediente ativo não possui registro no MAPA para controle da referida doença.

Sugere-se a realização de outros trabalhos avaliando o intervalo entre as aplicações, doses a partir de 588 g de oxicloreto de cobre por hectare, utilização de cultivares convencionais resistentes como BRS 511 e tratamentos com produtos biológicos, para evitar a dependência de apenas uma ferramenta de controle.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. R. **Doenças da soja**. In: KIMATI, H. et al. (Eds.). Manual de fitopatologia; Doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 569-588. 2005.

ALVES, S.A.M.; FURTADO, G.Q.; BERGAMIN FILHO, A. **Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja**. In: ZAMBOLIM, L. (Org.) Ferrugem asiática da soja. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p.37-59.

ARSENAULT-LABRECQUE, G., MENZIES, J. G., BÉLANGER, R. R. Effect of silicon absorption on soybean resistance to Phakopsora pachyrhizi in different cultivars. **Plant disease**, v. 96, n. 1, p. 37-42, 2012.

AZEVEDO, L. A. S. **Fungicidas protetores. Fundamentos para uso racional.** 2 ed. Gráfica e Editora Santa Terezinha, Jaboticabal-SP, 259 p. 2017.

AZEVEDO, L. A. S. **Dez aulas comentadas de Fitopatologia Especial.** Imprensa Universitária. 120 p. UFRRJ. 2015.

BUZZERIO, N. F. **A. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) – Phakopsora pachyrhizi: In vitro agar plate test.** 2006. Disponível em:<http://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-in-vitro-method-syngenta-2006-v1.pdf?fvrsn=4d9a419a_4>.Acesso em: 03 jun. 2017.

CARVALHO, W. P. Uso de caldas e biofertilizante no controle da ferrugem asiática da soja em sistema orgânico no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

CONAB. Safra grãos. 2018. Disponivel em https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 20 maio 2018.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura**. Química Nova, v.23, p. 4, 2000.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006

CRUZ, M.F.A.; SILVA, L.F.; RODRIGUES, F.A.; ARAUJO, J.M.; BARROS, E.G. Silício no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.142-145, 2012.

CRUZ, M. F., RODRIGUES, F. Á., DINIZ, A. P. C., MOREIRA, M. A., BARROS, E. G.

Potassium silicate and calcium silicate on the resistance of soybean to Phakopsora pachyrhizi infection. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 373-377, 2013.v

DORIGHELLO, Dalton Vinicio et al. Controlling Asian soybean rust (Phakopsora pachyrhizi) with Bacillus spp. and coffee oil. **Crop Protection**, [s.l.], v. 67, p.59-65, jan. 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219414 003007>. Acesso em: 10 maio 2017.

DUARTE, Henrique da Silva Silveira et al. Silicato de potássio, acibenzolar-S-metil efungicidas no controle da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8,p.2271-2277, nov. 2009. Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextπd=S0103-84782009000800001>. Acesso em: 14 maio 2017.

DUPONT. Kocide WDG. **A evolução do cobre. A importância do cobre na produção cafeeira.** Informe Técnico. 11 p. 2014. Disponível em: https://docplayer.com.br/15415540-Kocide-wdg-a-evolucao-do-cobre-a-importancia-do-cobre-na-producao-cafeeira-informe-tecnico.html. Acesso em: 18 nov. 2018

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011: Sistemas de Produção 14**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010b. 255p.

FRAC.**Fungicide Resistance Action Committee.** Disponível em: http://www.frac.info/. Acesso em: 15 nov. 2018.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. **Ames: State University of Science and Technology**, 1977. 11 p. (Special report, 80).

GODOY, Cláudia V. et al. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira,** [s.l.], v. 31, n. 1, p.63-68, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0100-41582006000100011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/fb/v31n1/a11v31n1.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2017.

GODOY, C.V.; ALMEIDA, A.M.R.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C.; DIAS, W.P.; SEIXAS, C.D.S.; SOARES, R.M.; HENNING, A.A.; YORINORI, J.T.; FERREIRA, L.P.; SILVA, J.F.V. Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. v.2, 5 ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, 2016. 657-658.

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

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

GODOY, C.V.; PIMENTA, C.B.; WRUCK, D.S.M. **Eficiência de fungicidas paracontrole da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2006/07 resultados sumarizados dos ensaios em rede.** (Embrapa Soja, Circular Técnica, 42).Londrina: Embrapa Soja, 8 p. 2007.

GONÇALVES, M. M.; GOMES, C. B. ; MEDEIROS, C. A. B. Efeito de diferentes caldas e biofertilizantes no controle de requeima (Phytophtora Infestans) em batata SolanumTuberosum L. sob cultivo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasília, v.2, n.1, p.2398-1401,2007.

HIRANO, Mario et al. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugemasiática em soja. **Summa Phytopathologica,** [s.l.], v. 36, n. 3, p.248-250, set. 2010. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0100-54052010000300012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052010000300012>. Acesso em: 03 jun. 2017.

HIRAKURI, M., de OLIVEIRA, A. B., TAVARES, L., PASTORE, A., SEIXAS, C. **Avaliação econômica do cultivo orgânico de soja no Estado do Paraná para a safra 2010/11**. Embrapa Soja. Circular técnica, 2011.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.;COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 75 p. (Embrapa Soja. Documentos, 256)

IEAg/ABAG – Instituto de Estudos do Agronegócio/Associação Brasileira do Agronegócio (2015). O futuro da soja nacional. Disponível em:http://www.abag.com.br/media/images/0-futuro-da-soja-nacional--ieag--abag.pdf. Acesso em: 15 nov de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICVA. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuario.pdf>. Acesso em:14 mar 2017.

KANTOLIC, A. G.; CARMONA, M. A. **Bases ecofisiológicas para geração do**

rendimento: relação com o efeito de doenças foliares e com uso de fungicidas em soja. In: REIS, E. M.; CASA, R. T. Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado. Passo Fundo: Berthier, p. 436. 2012.

LEMES, E. M. et al. Effects of silicon applications on soybean rust development under greenhouse and field conditions. **Plant Disease**, n. 95, p.317-324, mar. 2011. Disponível em: < http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-07-10-0500>. Acesso em: 10 maio 2017.

LIMA, L.M. de; POZZA, E.D.; AZIZ, A.A.A.; FONSECA, T.A. de P.S.; CARVALHO, J.G. de. Quantificação da ferrugem asiática e aspectos nutricionais de soja suprida com silício em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, v.36, p.51-56, 2010.

MAPA. Lei Nº 10.831/03. Regula a produção de orgânicos no Brasil. Brasília, DF, 2003.

MAPA. Decreto Nº 6.323/07. Regula a Lei 10.831/03. Brasília, DF, 2007.

MAPA. Instrução Normativa nº 46/11. Estabelece regras para produção orgânica vegetal e animal no Brasil. Brasília, DF, 2011.

MAZARO, S. M., CAPRINI MANGNABOSCO, M., CITADIN, I., PAULUS, D., GOUVEA, A. Produção e qualidade de morangueiro sob diferentes concentrações de calda bordalesa, sulfocálcica e biofertilizante supermagro. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 1, n. 34, 2013.

MEDEIROS, Márcia de et al. Qualidade e rendimento de sementes de soja produzidas sob cultivo orgânico em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Acta Sci. Agron,** Maringá, v. 28, n. 1, p.83-89, mar. 2006. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1676>. Acesso em: 11 jun. 2017.

MEDICE, R. **Produtos alternativos no manejo da ferrugem asiática (Phakopsora pachyrhizi) da soja**. Teses M. Sc. Lavras, PR, Brasil. Universidade Federal de Lavras, 2007.

PERUCH, L.A.M.; BRUNA E.D. Relação entre doses de calda bordalesa e de fosfito potássico na intensidade do míldio e na produtividade da videira cv. ‘Goethe’. **Ciência Rural**, Santa Maria v.38, n.9, p. 2413-2418, 2008.

POLITO, WL. **Os fertiprotetores (calda sulfocálcica, calda bordalesa, calda Viçosa e outros) no contexto da trofobiose.** In: HEIN M (org). Resumos do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Agroecológica: Botucatu. p. 75-89. 2001.

REIS, E. M., REIS, A. C., CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas: guia para controle químico racional de doenças de plantas**. 7 ed., rev. Passo Fundo: Berthier. 280 p. 2016.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. .C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I**: Ferrugem asiática. 1 ed. Passo Fundo: UPF, 2006.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Ferrugem asiática. In: REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M.; DANELLI, A. L. D. **Doenças em soja**. 1 ed. Passo Fundo: Berthier, 2012.

RODRIGUES, M. A. T. Classificação de fungicidasde acordo como mecanismo de ação proposto pelo FRAC. **Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Campus** de Botucatu, 2006.249p.

SANTOS, O. S. **A cultura da soja**. 1 ed. Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Editora Globo, 1988.

SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1. ed. Londrina: Mecenas, 2009. 314 p.

SHANER, G.; FINNEY, R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA JÚNIOR, J.; REZENDE, P. M.; ARRUDA CARVALHO, E.; ALVES, E.; POZZA, E. A. Effect of protectant and systemic fungicides applied at different growth stages on the control of soybean asian rust. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 705-712, 2009.

SOARES, Rafael Moreira et al. Utilização de glifosato para o controle de ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.473-477, abr. 2008. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2008000400005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2008000400005&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 03 jun. 2017.

SCHERB, C. T; MEHL, A. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) – **Phakopsora pachyrhizi: detached leaf test**. 2006. Disponível em:<http://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-detached-leaf-monitoring-method-bcs-2006-v1.pdf?sfvrsn=4e9a419a_4>. Acesso em: 03 jun. 2017.

Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

USDA. United States Department of Agriculture. **Soybeans**. 2018. Disponível em: https://www.fas.usda.gov/commodities/soybeans. Acesso em: 25 de maio de 2018.

WENZEL, F. Soja orgânica é economicamente viável, mas enfrenta desconfiança do consumidor. 2018. Disponível em: http://amazonia.org.br/2018/07/soja-organica-e-economicamente-viavel-mas-enfrenta-desconfianca-do-consumidor/. Acesso em: 25 de maio de 2018.

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of Soybean Rust (Phakopsora pachyrhizi) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease,** [s.l.], v. 1, n. 85, p.675-677, jun. 2005.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27 p. (Documentos, 236)]

YORINORI, J. T.; Ferrugem asiática da soja: doença recente e preocupante. **Correio Agrícola**, v. 1, p. 16-21, 2003.

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

ZANATTA, T.; REIS, E.M.; ZANATTA, M. Adjuvant concentrations and uredospore densities on Phakopsora pachyrhizi infection efficiency in soybean. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 2, p. 148-151, 2012.

ZORZZI, I. C.; VARGAS, T. O. ; LUCKMANN, J. A. ; DALVA PAULUS . Manejo Agroecológico de Doenças em Olericultura. In: Sérgio Miguel Mazaro. (Org.). **Manejo Agroecológico de Doenças: uma visão tecnológica.** 1ed.Porto Alegre: Cinco Continentes, 2017, v. 1, p. 33-65.