

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**CONTROLE QUÍMICO E BIOLÓGICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA  
SOJA**

**TIAGO VACARO FLORES**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2020**

**CONTROLE QUÍMICO E BIOLÓGICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA  
SOJA**

**TIAGO VACARO FLORES**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. DR. LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA

Co orientadora: Prof.<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> LILIAN MARIA ARRUDA BACCHI

Dissertação apresentada à Universidade Federal da  
Grande Dourados, como requisito do programa de  
Pós-graduação em Agronomia Produção Vegetal,  
para obtenção do título de Mestre.

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL**

2020

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1 Ferrugem Asiática da Soja ( <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ) .....	4
2.2 Controle Químico de Doenças.....	5
2.3 Grupos Químicos	
2.3.1 Inibidores da Desmetilação .....	7
2.3.2 Inibidores da Quinona Oxidase .....	8
2.3.3 Inibidores da Succinato Desidrogenase.....	9
2.3.4 Outros.....	10
2.4 Controle biológico.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1 Caracterização da área experimental .....	13
3.2 Delineamento experimental e características das parcelas.....	14
3.3 Cultivar utilizada.....	14
3.4 Instalação e condução do experimento .....	14
3.5 Aplicação e tratamentos.....	15
3.6 Variáveis avaliadas nas duas épocas de semeadura	
3.6.1 Severidade da Ferrugem Asiática da Soja (FAS) .....	17
3.6.2 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).....	17
3.6.3 Número de Vagens por Planta.....	17
3.6.4 Numero de Grãos por Vagem.....	18
3.6.5 Colheita e trilhagem.....	18
3.6.6 Massa de 1000 Grãos.....	18
3.6.7 Produtividade.....	18
3.7 Análise estatística .....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1 Primeira época de semeadura .....	20
4.2 Segunda época de semeadura.....	26
5. CONCLUSÃO .....	29
6. REFERÊNCIAS .....	30

A soja (*Glycine max*) é a principal cultura produzida no Brasil e com a grande expansão do cultivo da mesma, surgiram os problemas fitossanitários, e com ele a ferrugem Asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das doenças mais severas que incide na cultura da soja com danos variando de 10 a 90%, devido a característica policíclica da doença e dificuldade de controle. Portanto, o objetivo foi avaliar o controle calendarizado de produtos químicos e biológicos na ferrugem asiática da soja, levando em conta duas épocas de semeadura. O experimento foi instalado em duas épocas de semeadura em condições de campo na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da UFGD. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições. A semeadura da primeira e da segunda época ocorreu nos dias 29/10/18 e 20/11/18, respectivamente. Para ambas as épocas de semeadura, foram utilizados os mesmos tratamentos. Além dos produtos químicos, foi usado também dois produtos biológicos composto por *Bacillus sp.*, e a testemunha tratada com água. Os produtos foram aplicados de forma calendarizada. As variáveis avaliadas foram: A Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade. Na primeira época de semeadura houve baixa pressão de inóculo, obtendo maior produtividade de grãos nos tratamentos 2 (Azoxistrobina/Benzovindiflupir, Difenconazol/Ciproconazol, Clorotalonil), tratamento 3 (Azoxistrobina/Benzovindiflupir, *Bacillus spp.*, Difenconazol/Ciproconazol), tratamento 5 (Protioconazol/trifloxistrobina/bixafen Trifloxistrobina/Ciproconazol, Mancozeb) e tratamento 7 (*Bacillus spp.* + Fosfito de cobre), na segunda época de semeadura houve maior incidência da doença, sendo que todos os tratamentos utilizados foram efetivos na redução da severidade em relação à testemunha. A eficiência do controle da FAS com fungicidas, pode não resultar em ganho de produtividade, quando as condições climáticas forem adversas, durante o crescimento e desenvolvimento da soja.

**Palavras chave:** *Bacillus sp.*; Fungicidas; *Glycine max*;

Soy (*Glycine max*) is the main cut crop in Brazil and with great expansion of its cultivation, arising phytosanitary problems, and with Asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi*, it is one of the most serious diseases that affect the soybean crop with damage ranging from 10 to 90%, due to a political resource of disease and difficulty in control. Therefore, the objective was to evaluate the calendar control of chemical and biological products in Asian soybean rust, leading to two sowing dates. The experiment was installed in two sowing dates under field conditions at the Experimental Farm of Agricultural Sciences at UFGD. The experimental design was in randomized blocks, with nine treatments and four replications. The first and second occurrences were sown on 10/29/18 and 11/20/18, respectively. For embassies such as sowing times, the same effects were used. In addition to the chemical products, two biological products composed of *Bacillus* sp., And a control treated with water were also used. The products were used on a scheduled basis. The variables evaluated were: The Area Below the Disease Progress Curve, number of plants per plant, number of grains per plant, mass of grains and grains. In the first sowing period, there was low inoculum pressure, obtaining a greater increase in grains in use 2 (Azoxystrobin Benzovindiflupir, Difenoconazol / Ciproconazol, Chlorothalonil), treatment 3 (Azoxystrobin / Benzovindiflupir, *Bacillus* spp., Difenoconazol / Ciproconifolol / 5 / tren bixafen Trifloxystrobin / Ciproconazole, Mancozeb) and treatment 7 (*Bacillus* spp. + Copper phosphite), in the second sowing phase with a higher frequency of disease, and all individuals have physical effects in reducing severity in relation to the same age. . The efficiency of the FAS control with fungicides, cannot result in reproduction gain, when the climatic conditions are more adverse, during the growth and development of the soybean.

**Keywords:** *Bacillus* sp; Fungicides; *Glycine max*.

A soja (*Glycine max*) é a principal cultura produzida no Brasil, tendo importância para a exportação e mercado interno, tanto para o consumo como para produção de derivados, sendo assim, fazendo parte da movimentação do agronegócio e gerando renda em diversos setores (CONAB, 2019).

Com a expansão do cultivo da soja surgiram no Brasil os problemas fitossanitários com cerca de 40 doenças causadas por nematoides, bactérias, vírus e, principalmente, fungos (HENNING, 2009). Devido a extensas áreas, houve uma grande demanda de produtos fungicidas para o controle das doenças, sendo assim, surgindo a calendarização das aplicações. Dentre as doenças consideradas importantes, atualmente, a ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é considerada chave, ou seja, é com base nessa doença que é realizado todo o manejo de controle, pois incide em todas as regiões produtoras com elevado potencial destrutivo (YORINONI e LAZZAROTTO, 2004; LANGENBACH et al., 2016)

A partir da sua introdução no país, os prejuízos causados pela ferrugem já haviam ultrapassado US \$10 bilhões de dólares em 2013 (SILVA et al., 2014) e estima-se que os custos anuais para o controle da ferrugem cheguem a US \$2 bilhões de dólares (GODOY, 2015).

Desde a safra 2003/04, ensaios em rede e cooperativos vêm sendo realizados para a comparação da eficiência de fungicidas registrados e em fase de registro. Além da comparação de eficiência, os ensaios em rede e cooperativos vêm sendo utilizados para monitoramento da sensibilidade do fungo aos fungicidas, nas diferentes regiões. A resistência/ menor sensibilidade de *P. pachyrhizi* a fungicidas do grupo dos inibidores da desmetilação (IDM), inibidores da quinona externa (IQe) e inibidores da succinato desidrogenase (ISDH) já foi confirmada no Brasil (SCHMITZ et al., 2013; KLOSOWSKI et al., 2016; FRAC, 2017).

Apesar de estudos passados mostrarem que, em teoria, a resistência completa de *P. pachyrhizi* à estrobilurina tinha probabilidade quase nula de ocorrer (EMBRAPA, 2011), o fungo *P. pachyrhizi* já apresenta resistência parcial aos triazóis e às estrobilurinas (SILVA et al. 2015). Assim, estudos realizados na safra 2014/15 com população de *P. pachyrhizi* em todo o Brasil, apresentam a mutação na região F129L do fungo, sendo assim todo as regiões do país apresentam a resistência do fungo aos fungicidas do grupo das estrobilurinas (JULIATTI et al. 2014).

Os fungicidas IDM e IQe atuam em apenas um local específico de milhares de reações bioquímicas na célula fúngica. Portanto, eles são vulneráveis à seleção de linhagens de fungos em direção à redução ou perda da sensibilidade. O Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas (FRAC) classifica os IDM e IQe, como fungicidas de alto risco para o desenvolvimento de resistência e, portanto, não recomendam seu uso isoladamente, outro fato que o FRAC relata, é que, em áreas com histórico de uso intensivo de ISDHs (Carboxamidas) e em condições de alta pressão de doença, foram detectados casos de redução de eficiência desses fungicidas (FRAC, 2017).

A dificuldade em controlar a FAS com fungicidas está se tornando cada vez mais evidente, comprovando a alta adaptabilidade dos fungos (GODOY, 2013). Assim, estudos em áreas onde as misturas de triazóis, estrobilurinas e fungicidas multissítios, como mancozebe, têm sido aplicadas, relata-se o aumento da eficiência e da produtividade da cultura, torna uma estratégia para dificultar o aparecimento de mutações ou perda de sensibilidade dos fungicidas (HORTA e ALBUQUERQUE, 2015; JULIATTI et al., 2014). Também a Embrapa (2011) relata que, a melhor maneira para melhorar a eficiência do controle dos fungicidas e diminuir a chance de resistência dos fungos aos fungicidas é a utilização de misturas de princípios ativos diferentes.

A forma mais usada de controle da FAS no Brasil é a utilização de variedades precoces para cultivo após o vazio sanitário a fim de escapar da época com maior quantidade de inóculo da doença. O vazio sanitário é o período onde não se deve ter plantas de soja no campo, a fim de se evitar o aumento de inóculo das doenças para as safras subsequentes (BITTENCOURT e BORIN, 2016).

Com grandes extensões territoriais tendo a soja como principal cultura, e a dificuldade de detecção precoce e controle da doença, é utilizada a calendarização de aplicação de fungicidas, que nada mais é que um conjunto de produtos pré determinados conforme a sua ação (protocolo) aplicados nos dias conforme as empresas detentoras desses produtos estabelecem, tendo a doença no campo ou não. As empresas utilizam a calendarização como forma de facilitar a logística de distribuição e comercialização, dos produtos para abastecer os produtores conforme a necessidade (NAVARRO et al. 2004).

Porém, a calendarização pode não ser tão eficaz em determinadas regiões ou épocas de semeadura, e acabam sendo um custo aos produtores, e ao meio ambiente, sem falar no risco de aumento de resistência e redução de sensibilidade dos fungos aos fungicidas utilizados. (BITTENCOURT e BORIN, 2016; GODOY, 2009).

Portanto, o objetivo foi avaliar o controle calendarizado de produtos químicos e biológicos na ferrugem asiática da soja, levando em conta duas épocas de semeadura em Dourados, Mato Grosso do Sul.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Ferrugem Asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*)

O agente causal da ferrugem asiática da soja é o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow, é um parasita obrigatório, pertencente à classe dos fungos Uredinomycetes. A FAZ é também reconhecida historicamente como uma das doenças mais severas que incide na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merr.], com relatos de redução entre 10 a 100% na produtividade da cultura (ANDRADE e ANDRADE, 2002; HARTMAN et al., 1999; YORINORI et al., 2003).

Os relatos iniciais de ocorrência da doença surgiram no Japão no ano de 1902. Em pouco mais de uma década, foi detectada em diversos países do sudeste da Ásia. Já no continente americano, a FAS foi relatada pela primeira vez em meados do ano de 1976 em Porto Rico e em 1994 no Havaí (FIALLOS et al., 2011a).

Os sintomas iniciais da doença são caracterizados por pequenas lesões foliares, de coloração castanha a marrom-escura, com a formação das estruturas de reprodução do fungo (urédias) na face abaxial da folha, que quando se rompem, liberam os urediniosporos que são facilmente disseminados pelo vento ou chuva (REIS et al., 2006; YORINORI et al., 2003). Geralmente, os primeiros sinais do ataque do patógeno são observados no dossel inferior das plantas, por possuir um microclima mais favorável para o desenvolvimento da doença, com umidade mais elevada nessa região da planta (HARTMAN et al, 1999).

Até 2001, o fungo *P. pachyrhizi* não havia sido encontrado na América do Sul, sendo observado pela primeira vez no Paraguai. Já nas safras seguintes, ocorreram perdas severas na produtividade na Argentina, e também, no Brasil (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004; YORINORI et al., 2005). Na safra subsequente, de 2001/02, esse patógeno apresentou uma grande disseminação atingindo os estados do MT, MS, GO, MG, SP, PR, SC e RS (EMBRAPA, 2004). Devido as condições climáticas favoráveis no país, esse fungo rapidamente se disseminou nas regiões produtoras de soja, e também houve um aumento na sua severidade (JULIATTI et al., 2005).

Desde o surgimento da doenças nas lavouras de soja em todo o Brasil, até as safras atuais de 2018 em diante, o fungo *P. pachyrhizi* ocasiona grandes perdas e gera muitos custos de produção, e por esse motivo, o controle de doenças em soja no país concentra-se, principalmente, no controle da FAS (EMBRAPA, 2018).

O molhamento foliar contínuo promovido pelo orvalho ou pela chuva, sob condições ótimas de temperatura (18° C a 26° C), favorece o desenvolvimento do patógeno,

ou seja, acelera o processo de germinação dos urediniósporos na planta (AMORIM et al., 2011). Portanto, as mesmas condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas, também são adequadas para o desenvolvimento da doença (ALVES et al., 2006).

A classificação da doença é dada como policíclica, por apresentar vários ciclos secundários consecutivos durante a mesma safra (AGRIOS, 2005). Sob as condições favoráveis de umidade e temperatura, os esporos que se depositam nas folhas germinam e penetram diretamente nas células da epiderme ou através dos estômatos, colonizando os tecidos posteriormente (ZAMBENEDETTI et al., 2007). Com o avanço no desenvolvimento da doença, ocorre o amarelecimento da área foliar atacada, intensificando a senescência das folhas das plantas, sendo que essa desfolha antecipada pode a curto prazo interferir negativamente na formação de vagens e/ou grãos (YANG et al., 1991; YORINORI et al., 2003; YORINORI e LAZZAROTTO, 2004).

Para o manejo da doença, inicialmente utiliza-se o vazio sanitário, que é o período da ausência de plantas de soja nos campos, associado com a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada para evitar o aumento de inóculo da doença. Também, são recomendadas medidas como a eliminação de plantas voluntárias, a fim de reduzir o inóculo para safra seguinte, monitorando a área desde o início do desenvolvimento da cultura, utilizando, se necessário, métodos de controles como o uso de fungicidas no aparecimento de sintomas ou preventivamente (BUTZEN et al., 2005; REIS, 2014).

A dificuldade de obtenção de plantas de soja resistentes a doença, de forma permanente, é grande, pois o patógeno se adapta muito rápido, e a grande extensão da área plantada com soja no país, fazem com que o manejo da doença por meio da aplicação de fungicidas, seja a alternativa mais utilizada, principalmente de forma preventiva (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004; GODOY e CANTERI, 2004; REIS, 2014; REIS et al., 2017).

## **2.2 Controle Químico de Doenças na Cultura da Soja**

Os fungicidas, em geral, são substâncias químicas, de origem natural ou sintética que, aplicadas às plantas, protegem-nas da penetração e/ou do posterior desenvolvimento de fungos patogênicos em seus tecidos (REIS et al., 2006). No Brasil, o uso de fungicidas em soja deu início na safra 1996/1997, após a ocorrência de surtos epidêmicos de oídio (*Erysiphe diffusa*) (GODOY et al., 2007). Após a safra de 2001/2002, na qual surgiu a FAS no Brasil, praticamente todos os produtores passaram a utilizar fungicidas em suas áreas de produção.

Levando em conta a dificuldade de se detectar a doença em sua fase inicial, o momento do controle passou a se tornar dificultoso. Assim, as aplicações preventivas e, subsequentes a partir dos resultados em sistemas de monitoramento são as mais recomendadas (JULIATTI et al., 2005). A eficiência do controle vai depender de diversos fatores, como o produto que será utilizado, a dose do produto, a época de aplicação e o aplicador. Perante o rápido desenvolvimento da doença, esse controle deve ser efetuado o mais precisamente (GODOY e CANTERI, 2004).

Segundo os dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Meio Ambiente (MAPA, 2017), desde o surgimento da ferrugem asiática no Brasil, novos fungicidas vêm sendo registrados ano após ano. A maioria dos registros compreendem fungicidas sistêmicos de alta especificidade. Na safra 2015/16, para o controle da FAS estavam disponíveis 127 produtos comerciais. Já na safra de 2016/17, foi suspensa a recomendação de 63 fungicidas a partir da avaliação de laudos de eficácia e pareceres técnicos de safras anteriores feito pelo MAPA (BRASIL, 2016).

Houve uma alta necessidade inicial do controle da doença, pelos danos que ela vinha causando, e com a falta de conhecimento e estudos sobre ela, o controle químico da ferrugem asiática nas áreas produtoras de soja, na safra de 2002/03, foi realizado com diversos fungicidas, especialmente os do grupo IDM. Alguns desses fungicidas permanecem em uso até hoje, com a grande utilização de forma inadequada, o que contribuiu para a redução da eficiência desses produtos para as safras atuais (REIS, 2014; REIS et al., 2017).

Após sucessivas safras com o uso dos fungicidas triazóis (IDM), foi observada a redução da eficácia do fungicida flutriafol no controle da ferrugem no estado de Mato Grosso, atribuindo-se inicialmente a esse fato, a qualidade da formulação do produto (FUNDAÇÃO MT, 2008). Na mesma safra, também foi relatada a diminuição da eficiência no controle da ferrugem, nas áreas de produção do estado de Goiás para os fungicidas tebuconazol, flutriafol e ciproconazol (SILVA et al., 2008).

Até aquele momento, o flutriafol era destaque de eficiência, sendo referência pelos órgãos de pesquisa como o padrão de controle. A partir da diminuição da eficiência do flutriafol no controle da FAS, o tebuconazol se tornou o novo líder do mercado e utilizado em larga escala. Nas safras 2003/04 até 2015/16 no Brasil, foram realizados diversos experimentos de fungicidas em misturas, visando a melhor eficiência do controle de *P. pachyrhizi*. Estes ensaios foram coordenados por uma equipe da Embrapa Soja com colaboração de diversas instituições de pesquisa do país. A análise conjunta dos resultados obtidos dos experimentos mostrou que a eficiência de controle por fungicidas foi reduzindo,

anualmente, desde o surgimento da ferrugem asiática no Brasil, tornando se hoje uma alta preocupação pela resistência por parte do patógeno a diversos princípios ativos presentes no mercado (SILVA et al., 2008).

Até o mês de abril de 2017, 70 produtos comerciais estavam registrados para o controle da FAS, sendo os principais grupos químicos: inibidores da succinato desidrogenase (ISDH), fungicidas inibidores de desmetilação (IDM) e inibidores da quinona oxidase (IQe), categorizados respectivamente como grupos de modo de ação C2, G1 e C3 (FRAC, 2016; MAPA, 2017). Por apresentar um custo benefício melhor, os dois últimos grupos são os mais utilizados.

## **2.3 Grupos Químicos**

### **2.3.1 Inibidores da Desmetilação**

Conhecidos como triazóis, os inibidores da desmetilação são fungicidas que agem inibindo a biossíntese de ergosterol pela inibição da desmetilação do carbono na posição 14 (C14). As células fúngicas quando entram em contato com fungicidas do grupo acumulam esteróis, como o 4,4-dimetil e o 4  $\alpha$ -metil, ambos com radical 14  $\alpha$ -metil, promovendo, por sua vez, a inativação do processo de desmetilação do lanosterol até compostos intermediários, precursores do ergosterol (FORCELINI, 1994; TOMLIN, 2002).

Com relação ao desenvolvimento de resistência pelos fungos a esse grupo, é necessário considerar que existe uma grande diferença no espectro de ação dos diferentes fungicidas do grupo. Existem relatos de resistência conhecida em várias espécies, com alguns mecanismos já conhecidos. Assim, é prudente considerar que a resistência cruzada pode ocorrer entre ativos dos fungicidas inibidores de desmetilação (IDM) utilizados contra o mesmo fungo (RODRIGUES et al., 2006, 2006), como foi o caso da constante exposição da *P. pachyrhizi* a esses fungicidas.

Dentre os principais representantes deste grupo, podemos citar ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, fluquinconazol, flutriafol, prothioconazol e tebuconazol (RODRIGUES, 2006).

Os triazóis quando aplicados de forma preventiva apresentam maior eficácia no controle e rendimento de grãos quando comparados com mesmos produtos aplicados de forma curativa. Geralmente, os produtos à base de triazóis apresentam maior eficiência quando misturados com outros princípios ativos (NAVARINI et al., 2007).

Outro fungicida a ser lembrado que faz parte do grupo dos triazóis, são as morfolinas, com modo de ação sobre a rota de biossíntese de esteróis nas membranas celulares dos fungos, porém o mecanismo ocorre em outra etapa da reação, com modo de ação diferenciado, este grupo já era presente em outras culturas, mas ainda não estava registrado para a oleaginosa. As morfolinas não possuem resistência cruzada com outros fungicidas e podem ser utilizadas em associação com outros fungicidas para complementar performances e atuar no manejo de resistência. Os estudos a respeito de sua ação ainda são muito novos, mas é sabido que elas possuem uma eficiência maior da fase reprodutiva em diante, por conta de sua ação após a germinação inicial do fungo, uma ação multissítio e penetrante (ELEVAGRO, 2017).

### 2.3.2 Inibidores da Quinona Oxidase

Conhecidas como estrobilurinas, foram sintetizadas a partir de um metabólito secundário produzido pelo fungo *Strobilurus tenacellus* e, por isso, são assim chamadas. Este grupo começou a ser comercializado como fungicida em 1996, sendo amplamente usado de forma isolada e em mistura com os triazóis (RODRIGUES, 2006). Incluem-se neste grupo azoxistrobina, picoxistrobina, piraclostrobin, fluoxastrobina, trifloxistrobina, cresoxim-metílico, entre outros ativos (RODRIGUES, 2006).

As estrobilurinas agem inibindo a respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1, no sítio Qo, interferindo na produção de ATP (OLIVEIRA, 2016).

Os fungicidas deste grupo atuam preventivamente, inibindo a germinação dos esporos, com alguma ação curativa e erradicante, inibindo também o desenvolvimento de fungos nos estágios iniciais de pós-germinação, com atividade anti esporulante. As moléculas são absorvidas pelas folhas de forma gradual e constante, conferindo uma proteção por mais tempo e difundindo-se pela folha, com algumas dessas folhas apresentando uma distribuição sistêmica uniforme. Com o aumento da umidade, a redistribuição superficial e a absorção das moléculas são incrementadas. As moléculas deste grupo também apresentam difusão translaminar. São eficientes contra um grande número de fitopatógenos, em todas as classes de fungos, usados em baixas concentrações, e permitindo um maior intervalo entre as aplicações (VENANCIO et al., 1999).

Há dados comprovando que estrobilurinas proporcionam maior incremento na atividade da enzima nitrato redutase, maior acúmulo de fitomassa seca e maior produtividade

quando aplicadas como fungicidas, conhecido como “efeito verde”, permanecendo a planta mais tempo verde no campo e aumentando o tempo de enchimento dos grãos. (SOARES et. al., 2011).

Entretanto, Klosowsky et al. (2016) detectaram uma mutação F129L no gene do citocromo b em *Phakopsora pachyrhizi*, ou seja, eles observaram que o patógeno causador da ferrugem sofreu uma mutação no sítio onde agem as estrobilurinas, gerando resistência por parte do patógeno aos produtos Inibidores da quinona oxidase.

### **2.3.3 Inibidores da Succinato Desidrogenase**

Conhecidas como carboxamidas, exercem sua atividade inibitória na fosforilação da cadeia respiratória, inibindo o complexo II (succinato-desidrogenase) e interrompendo o transporte de elétrons, atuando a partir da fosforilação oxidativa (ENCINAS, 2004)

O complexo desidrogenase succinato, ou complexo II da cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria, utiliza o acceptor de elétrons FAD (Dinucleotídeo de Adenosina e Flavina) para efetuar a transferência de elétrons de FADH<sub>2</sub> para a CoQ. Os inibidores do complexo II são fungicidas específicos para Basidiomicota. A especificidade provavelmente reflete a configuração estrutural única do sítio de ação em Basidiomicotas. Entretanto, diferenças entre espécies podem ser significativas, apesar de não serem consideradas consistentes (GRIFFIN, 1993).

Alguns fungos específicos apresentam resistência para o grupo das carboxamidas, portanto, para esses fungos específicos, como o próprio da FAS, requer um manejo adequado para se evitar a resistência total desses fungos, evitando assim a perda total da eficiência do produto (FRAC, 2016).

Os principais representantes do grupo das carboxamidas são benodanil, fenfuran, flutolanil, mepronil, furametpyr, fluxapiroxade e benzovindiflupir (RODRIGUES, 2006).

Segundo Silva e Neto (2019), a carboxamida quando misturada com outros ingredientes ativos, resulta em um melhor controle atual de doenças de final de ciclo da cultura da soja, graças à boa eficiência dos princípios ativos e a mistura deles, aumentando a gama de atuação. Os autores também observaram um ganho de produtividade maior devido aos efeitos fisiológicos combinados.

### 2.3.4 Outros

Os ditiocarbamatos interferem de modo generalizado nas funções celulares, pela ação múltipla dos compostos em diferentes grupos enzimáticos e processos metabólicos vitais. Os efeitos observados afetam a respiração celular, a permeabilidade da membrana e, principalmente, a atuação das enzimas. São fungicidas protetores de amplo espectro, utilizado no tratamento via foliar, solo e sementes (RODRIGUES, 2006). De um modo geral, os ditiocarbamatos são compostos que interferem na produção de energia e podem ser classificados em: inibidores específicos (thiram) ou não específicos de ação múltipla (mancozebe, maneb) (AZEVEDO, 2003).

Os fungicidas do grupo dos ditiocarbamatos apresentam baixo risco de resistência devido à multiplicidade de sítios de atuação. Dentre os principais representantes deste grupo, pode-se citar ferbam, mancozebe, maneb, metiram, propineb, zineb, dentre outros (RODRIGUES, 2006). Segundo dados do trabalho de Jantsch e Neto (2019), o ditiocarbamato aplicado isoladamente pode não apresentar uma eficácia tão boa comparada aos produtos com vários princípios ativos misturados, mas mesmo assim apresenta efeito no controle de doenças e na produtividade graças a suas ações metabólicas.

Outro produto a ser citado é o clorotalonil, pertencente ao grupo químico das Isoftalonitrila, pertencente ao grupo M5, como contato multissítio (FRAC, 2017). Esse fungicida é utilizado na aplicação foliar em diversas culturas, desde olerícolas, frutíferas até as culturas de grande produção como soja e milho (ANVISA, 2020).

O fungicida Clorotalonil tem sua eficiência comprovada por Tofoli et al. (2012), tendo ação protetora, residual, erradicante e anti esporulante em doenças como Requeima e Pinta Preta.

Os trabalhos envolvendo a proteção de plantas com compostos de cobre iniciaram-se por volta de 1842 na França e também na Inglaterra. Os fungicidas cúpricos foram um dos primeiros compostos químicos utilizados em larga escala pelo homem no controle de doenças de plantas e, por muito tempo, foram a única ferramenta disponível para o controle químico. Chalfoun et al. (2001) citam os fungicidas cúpricos como um dos produtos mais relevantes na história da cafeicultura, destacando-se pela ausência de resistência da ferrugem do cafeeiro mesmo após mais de 50 anos de utilização, além de possuírem largo espectro de controle com baixo risco de toxicidade ao aplicador.

Dentre os fungicidas protetores registrados no Mapa, destacam-se os cúpricos, que são recomendados para aplicação preventiva e possuem mecanismo bioquímico de ação

múltiplo. Esse tipo de mecanismo induz pouca pressão de seleção na população do fungo e, portanto, dificilmente selecionam mutantes resistentes (SILVA, 2019).

## 2.4 Controle Biológico

O controle biológico nada mais é do que a ação de um microrganismo em função antagônica a outro microrganismo, sendo por antibiose, parasitismo, competição, predação ou hipovirulência (BAKER e COOK, 1974).

Existem poucos estudos no Brasil utilizando o controle biológico da ferrugem asiática da soja (GOELLNER et al., 2010). De acordo com Dorighello et al. (2015), o potencial de bactérias do gênero *Bacillus* no controle de FAS é bastante amplo, esses estudos apontam para a necessidade da integração do controle biológico juntamente com o controle químico. As espécies do gênero *Bacillus* apresentam rápido crescimento em variadas fontes de carbono. Esta adaptação metabólica é atribuída a grande capacidade de produção de enzimas extracelulares, responsáveis pela oxidação de polímeros como ácidos nucleicos, polissacarídeos e lipídeos, que podem ser prontamente utilizados como fonte energética para a célula (MADIGAN et al., 2016).

Outra característica metabólica relacionada ao gênero é a capacidade de produção de antibióticos como bacitracina, polimixina, tirocidina, gramicidina e circulina, que ocorrem durante e após o processo de esporulação, e que por estes motivos são largamente utilizados em diversos setores da indústria (MADIGAN et al., 2016).

Já no setor agrícola, espécies de *Bacillus* são mais amplamente estudadas e utilizadas como promotores de crescimento e agentes de controle biológico contra pragas e doenças (CLEMENTE et al., 2016). Assim, a utilização de espécies de *Bacillus* como promotoras de crescimento e agente de controle biológico para diversas culturas agrícolas, proporciona um método alternativo, eficiente e ambientalmente mais favorável que defensivos e fertilizantes químicos, o que torna a prática da utilização de bio agentes uma alternativa mais sustentável nos âmbitos econômico e ambiental (SHAFI et al., 2017).

O *Bacillus subtilis* atua inibindo a germinação de esporos, o crescimento do tubo germinativo e micelial dos patógenos, bloqueando o ataque do patógeno à superfície foliar pela formação de uma zona de inibição e também por indução de resistência no hospedeiro (AGOSTINO e MORANDI, 2009). Produtos formulados a partir de *Bacillus subtilis* são utilizados desde 1983 nos EUA para o tratamento de sementes de amendoim, aplicações foliares e no solo (WELLER, 1988).

Outra espécie promissora no controle de doenças de plantas é *Bacillus pumilus*. O modo de ação de *Bacillus pumilus* tem como base a inibição do desenvolvimento do patógeno na superfície foliar, além de ativar o sistema de defesa da planta. Esse antagonista age curativa e preventivamente, contra o desenvolvimento de oídios, míldios, ferrugens e outros patógenos em cereais (COPING, 2004; BARGABUS et al., 2004).

Estudos mais recentes, como o de Luz et al. (2019), comprovam que produtos biológicos a base de *Bacillus* spp., possuem efeitos sobre o desenvolvimento da FAS, podendo ter efeito tão significativo como de produtos químicos que possuem a mistura de triazol + estrobilurinas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2018/2019, na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, localizada nas coordenadas geográficas latitude 22° 14' S, longitude de 54° 49' W e altitude de 458 metros. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cfa (Clima Mesotérmico Úmido sem estiagem). A precipitação pluviométrica anual da região é de 1.200 a 1.400 mm e a evapotranspiração real anual é de 1100 a 1200 mm. A temperatura média anual é de 22°C (FIETZ e FISCH, 2008).

Na safra de 2018/19, as condições de precipitação foram menores do que o normal para a região de Dourados – MS, e as condições de temperaturas nos meses de avaliação foram um pouco mais elevadas (Figura 1).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa. Utilizou se adubação de 250 kg ha<sup>-1</sup> de formulação comercial 4 - 30 - 10, correspondendo a aplicação de 10 kg de N, 75kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25kg de K<sub>2</sub>O, sendo aplicado em cobertura 60 kg de K<sub>2</sub>O no estágio V2 da cultura.

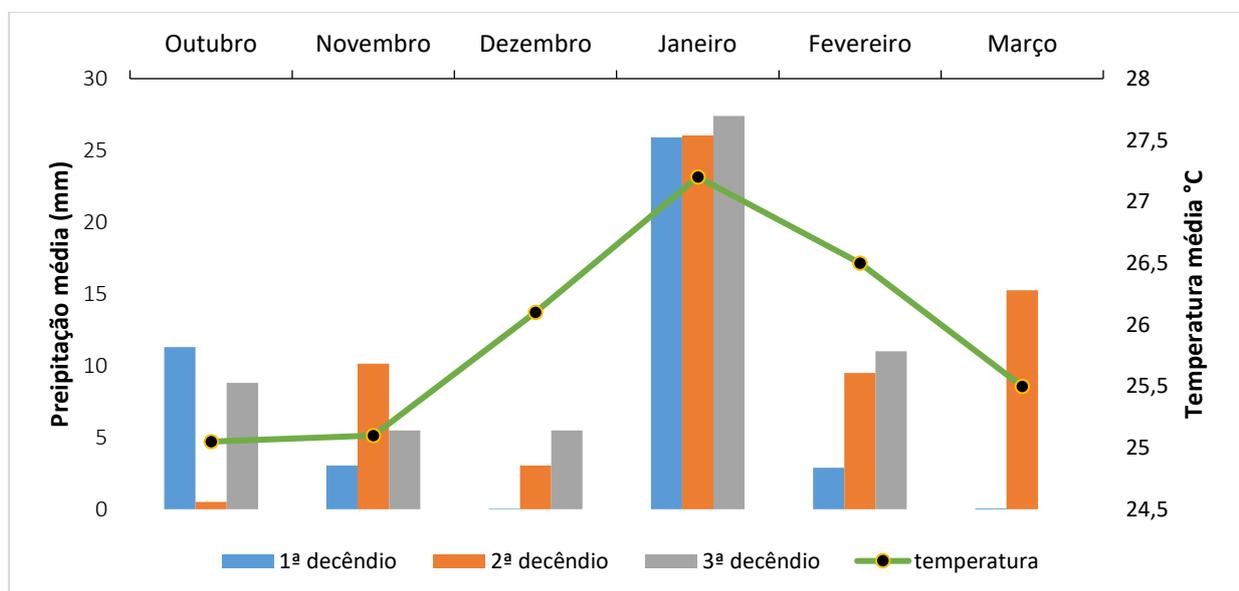


Figura 1 - Quantidade de precipitação (mm) em decênios de cada mês e temperatura média mensal na região de Dourados – MS, no ano de 2018/2019, durante o experimento.

### 3.2 Delineamento experimental e características das parcelas

O experimento foi realizado em duas épocas de semeadura e o delineamento experimental adotado, para as duas épocas foi em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro repetições (Tabela 1). As parcelas tiveram 18 m<sup>2</sup> (três metros de largura x seis metros de comprimento). Entre as parcelas, dentro do bloco, houve um corredor com um metro de largura e um corredor de dois metros entre os blocos, também um corredor dividindo dois blocos para cada lado com três metros de largura, para a passagem do pulverizador de arrasto, utilizado para o controle de eventuais plantas daninhas e pragas.

### 3.3 Cultivar utilizada

A variedade de soja utilizada, foi a Monsoy 6410 IPRO<sup>®</sup>, que contém a tecnologia Intacta RR2 pro, sendo resistente e tolerante dependendo dos grupos de lagartas e resistente ao herbicida glifosato. A cultivar possui o hábito de crescimento indeterminado, com uma arquitetura semi ereta e coloração da flor roxa, ela é precoce e pertence ao grupo de maturação 6.4, ou seja, indicada para as regiões mais ao sul do centro oeste ou mais ao norte da região sul do Brasil.

Essa variedade possui resistência a Pústula Bacteriana, média resistência ao Cancro da Haste, Crestamento Bacteriano, Doenças de final de ciclo, Mofo Branco, Oídio, Mancha alva e Fusarium, sendo suscetível a Mancha Olho de Rã e Nematoides.

### 3.4 Instalação e condução do experimento

A semeadura foi realizada em duas épocas, a primeira foi realizada dia 29 de outubro de 2018 e a segunda semeadura foi realizada no dia 20 de novembro de 2018, as áreas eram próximas e todos os tratamentos foram utilizados da mesma maneira. A soja foi semeada mecanicamente com o auxílio de uma semeadora pneumática, sobre resteva de aveia branca dessecada com glifosato (dose de 3L/ha<sup>-1</sup> de p.c.) 15 dias antes de semear. O espaçamento adotado foi de 0,45m entre linhas, visando 12 plantas por metro linear, e um estande de 266.000 plantas por hectare.

As sementes de soja utilizadas foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* associado com o *Azospirillum*, sendo duas doses de *Bradyrhizobium* e uma dose de *Azospirillum*. Quando a planta atingiu a fase vegetativa V<sub>2</sub>, foi feita uma aplicação de cobalto

e molibdênio via foliar, para um melhor efeito dos inoculantes. O controle de pragas, feito através de inseticidas, foi realizado respeitando – se o Manejo Integrado de Pragas (MIP). O controle de plantas daninhas que ocorreram na área foi feito com a utilização de um pulverizador de arrasto contendo herbicida glifosato, na dose 2 L por hectare, conforme a necessidade.

### 3.5 Aplicação e descrição dos tratamentos

O equipamento utilizado para aplicação dos produtos foi um pulverizador costal de precisão, de pressão constante pressurizado à base de CO<sub>2</sub>, equipado com uma barra de aplicação com seis pontas do tipo Jacto® 110/LD/02 espaçadas 0,5 metros entre elas, com pressão de 35 lb pol<sup>-2</sup>, com uma velocidade de 1 m segundo<sup>-1</sup>, com volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. A primeira aplicação foi feita próxima ao fechamento das linhas, de 30 a 35 dias após a emergência, aproximadamente no estágio V7, a segunda aplicação foi feita 15 dias após a primeira aplicação, e a terceira, 30 dias após a primeira aplicação, respectivamente, montando um esquema de aplicação calendarizado.

Os tratamentos consistiram de alguns protocolos já estabelecidos por algumas empresas e outros elaborados para testar a eficiência dos produtos biológicos e químicos (Quadro 1). Todos os produtos foram utilizados as doses de produto comercial por hectare, recomendada pelos fabricantes.

O tratamento 1 foi a testemunha, composta apenas por água, pois, os produtos são diluídos em água para formar a calda.

Os tratamentos 2, 4 e o 5 são tratamentos exclusivamente químicos, compostos de protocolos pré estabelecidos por empresas.

Já o tratamento 3 foi a junção dos princípios ativos do protocolo do tratamento 2 com um produto biológico a base de *Bacillus* sp., mais o adjuvante orgânico, para testar a reação de produtos químicos juntamente com um biológico.

Os tratamentos 6, 7, 8 e 9 são tratamentos montados a partir de produtos biológicos, todos esses tratamentos exceto pelo tratamento 9, são compostos por *Bacillus* sp., os tratamentos 7 e 8 são compostos de um fertilizante foliar de fosfito de cobre, aplicado 7 dias após o *Bacillus*, Já o tratamento 8 e 9 foi adicionado outro fertilizante foliar a base de diamônio acetato de cobre no final da aplicação para servir como multisítio, e também o tratamento 9 é composto por um produto biológico a base de *Bacillus subtilis* + *Paenibacillus lentimorbus*

Quadro 1- Tabela da descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	1ª aplicação (estádio V7) Ingrediente Ativo	2ª aplicação (15 dias após a 1ª aplicação) Ingrediente Ativo	3ª aplicação (30 dias após a 1ª aplicação) - Ingrediente Ativo
1	Água	Água	Água
2	(Azoxistrobina / benzovindiflupir) + (Difenoconazol / Ciproconazol) + Óleo mineral	(Azoxistrobina / benzovindiflupir) + (Difenoconazol / Ciproconazol) + Óleo mineral	(Difenoconazol / Ciproconazol) + Clorotalonil
3	(Azoxistrobina / benzovindiflupir) + Óleo mineral + <i>Bacillus</i> spp. + Tec gold®	(Azoxistrobina / benzovindiflupir) + Óleo mineral + <i>Bacillus</i> spp. + Tec gold®	(Difenoconazol / Ciproconazol) + Óleo mineral + <i>Bacillus</i> spp. + Tec gold®
4	(Piraclostrobina + Fluxapyroxad) + Óleo mineral	(Piraclostrobina / epoxiconazol / fluxapyroxad) + (Equivalente em cobre metálico / oxicloreto de cobre) + Óleo mineral	Fenpropimorfe + (Equivalente em cobre metálico/ oxicloreto de cobre)
5	(Protioconazol / trifloxistrobina / bixafen) + Éster metílico de óleo de soja	(Protioconazol / trifloxistrobina / bixafen) + Éster metílico de óleo de soja	(Trifloxistrobina / ciproconazol) + Mancozeb + Éster metílico de óleo de soja
6	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold®	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold®	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold®
7	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold® + Fosfito de cobre (7 dias após)	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold® + Fosfito de cobre (7 dias após)	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold® + Fosfito de cobre (7 dias após)
8	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold® + Fosfito de cobre (7 dias após)	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold® + Fosfito de cobre (7 dias após)	<i>Bacillus</i> spp. + Tec gold® + (diamonio acetato de cobre)
9	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Paenibacillus Lentimorbus</i>	(diamonio acetato de cobre)	(diamonio acetato de cobre)

### 3.6 Variáveis avaliadas

#### 3.6.1 Severidade da Ferrugem Asiática da Soja (FAS)

Inicialmente, para a identificação de qual doença estava presente nas parcelas, foi realizada uma coleta de 400 folíolos na área total do experimento, em torno do estádio V5, porém não foi encontrada nenhuma doença nesta primeira avaliação.

As coletas seguintes foram realizadas para a avaliação da incidência e severidade da FAS, coletando 10 folíolos nos três terços de plantas ao acaso de cada parcela. Essas coletas foram feitas 7 dias antes da primeira aplicação dos tratamentos, em torno do estádio fenológico V6, depois, 7 dias após a primeira aplicação, 7 dias após a segunda aplicação, 7 e 14 dias após a terceira aplicação. Os folíolos coletados foram acondicionados em sacos plásticos, identificados e levados ao laboratório, onde foram armazenados em uma geladeira até o momento da avaliação. Com o uso de um microscópio estereoscópio e com o auxílio de um contador, foi feita a identificação e quantificação dos números de lesões e do número de urédias presentes nos folíolos coletados.

#### 3.6.2 Área Abaixo da Curva de Progresso da doença (AACPD)

Os dados do número lesões e do número de urédias, das cinco avaliações de cada época de semeadura, foram submetidas a fórmula abaixo e assim calculado a AACPD.

$n-1$

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2] (t_{i+1} - t_i)$$

$i=1$

em que:

AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença;

X = valor obtido na avaliação para cada variável analisada;

t = tempo;

n = número de avaliações no tempo.

#### 3.6.3 Número de Vagens por Planta

Foram coletadas 10 plantas ao acaso das duas linhas centrais da parcela, e contabilizado o número de vagens presentes nessas 10 plantas, dividindo-se o número total de vagens pelo número de plantas amostradas

### **3.6.4 Números de Grãos por Vagem**

Foram selecionadas aleatoriamente 50 vagens das plantas coletadas e contabilizado o número de grãos presente nelas, a quantidade de grãos encontrados foi dividido pelo número de vagens amostradas.

### **3.6.5 Colheita e Trilhagem**

A colheita foi realizada nas duas linhas centrais das parcelas e desprezados meio metro inicial e final de cada linha e as linhas laterais (bordadura), sendo uma área útil de 4,5 m<sup>2</sup> em cada parcela. As plantas foram colhidas inteiras e acondicionadas em sacos identificados conforme a parcela e levados até a sala onde foram armazenados.

Após a colheita e o armazenamento, as plantas foram tiradas dos sacos e trilhadas em uma trilhadora mecânica acoplada a um trator, os grãos trilhados foram limpos e acondicionados em sacos de papel identificados, levados ao laboratório e armazenados em uma sala com temperatura entorno de 18°C.

### **3.6.6 Massa de Mil Grãos**

Foi feita através da contagem de três amostras de 1000 grãos, com o auxílio de um contador de grãos eletrônico. As amostras foram pesadas separadamente em uma balança eletrônica de precisão, a média da massa das três amostras corresponde a da parcela, corrigindo-se o grau de umidade para 13%.

### **3.6.7 Produtividade**

Após a análise de Massa de Mil Grãos, as amostras foram pesadas em uma balança eletrônica e o peso total foi corrigido para quilos por hectare, determinando assim a produtividade de cada parcela.

### **3.7 Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas separadamente para cada época de semeadura, e não foram feitas de forma comparativa. Todos os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de média de Tukey a 5%.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Primeira época de semeadura

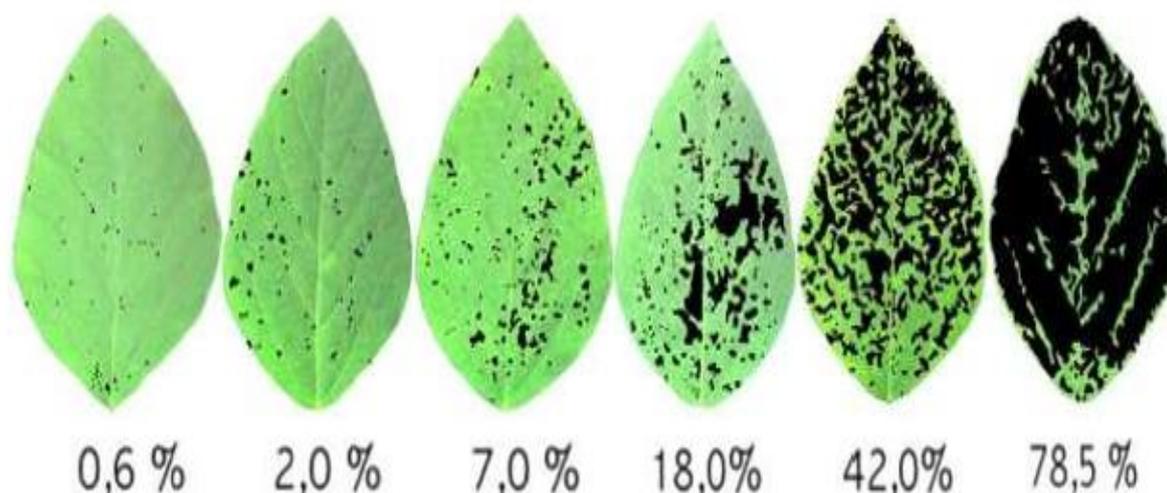
As quantidades de urédias de FAS encontradas foram baixas, aparecendo apenas na última avaliação dos folíolos (Quadro 1), por apresentar apenas um valor, não foi possível calcular a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença.

A baixa quantidade de inóculo presente na área, devido à época de semeadura logo após o vazio sanitário, provavelmente, explica essa pequena quantidade de doença incidindo mais tardiamente. O vazio sanitário atua como forma de erradicação, reduzindo o inóculo inicial e é indispensável no manejo da sojicultura.

Além disso, o clima em termos de precipitações e temperatura, não favoreceu a ocorrência de doenças durante o ciclo da cultura (Figura 1), apresentando valores de temperaturas médias acima de 25° e umidade média baixa devido à baixa precipitação, pois a ferrugem necessita de temperaturas entre 15°C e 25°C e o mínimo de 6 horas de duração do período de molhamento foliar (TSUKAHARA et al., 2008). Twizeyimana e Hartman (2010) relataram que uredinosporos expostos a temperaturas acima de 40°C e umidade relativa entre 12 a 20% mostraram-se inviáveis após 4 a 6 h.

Sendo assim, o estabelecimento do patógeno nas plantas de soja foi afetado, reduzindo então a quantidade de doença encontrada nas avaliações dos folíolos coletados. Apesar dos produtos químicos como triazós e estrobilurinas possuírem efeito sobre o desenvolvimento do patógeno (CRUVINEL, 2005), não foi observada diferença entre os tratamentos.

Os dados obtidos para os valores de quantidade de pústulas vieram do número médio de lesões e urédias em 40 folíolos, sendo assim variando de 1 a 3,75 pústulas em todos os tratamentos. Se comparados a Escala Diagramática (figura 2) (GODOY et al, 2006), são valores baixos. Navarini et al. (2007) encontraram valores médios de mais de 5 pústulas por centímetro quadrado, as quais correspondem a uma alta quantidade de doença na área.



**Figura 2** - Escala diagramática para ferrugem asiática da soja. (Fonte: Godoy et al., 2006).

Para as avaliações de quantidade de vagens por planta, número de grãos por vagem, Massa de 1000 grãos e produtividade, houve diferença significativa.

A testemunha e o tratamento 6 (*Bacillus* sp.) tiveram a menor média de vagens por planta (58 e 60 vagens por planta, respectivamente) em relação aos tratamentos 2 (Azoxistrobina/benzovindiflupir + Difenconazol/Ciproconazol + Clorotalonil + Óleo mineral) e o tratamento 4 (Piraclostrobina/Fluxapyroxad + Piraclostrobina/ /epoxiconazol/fluxapyroxad + Equivalente em cobre metálico/oxicloreto de cobre + Fenpropimorfe + Óleo mineral), a qual ambas possuem as maiores médias de 73 vagens por planta, diferindo estatisticamente, já os outros tratamentos químicos e biológicos não diferiram entre si e nem da testemunha, neste último caso, há a exceção do tratamento 9 Quadro 1).

Os valores encontrados para o número de vagens por planta (64 a 73 vagens por planta), demonstraram o potencial produtivo, comparado aos trabalhos de Felette (2016) e de Tessele et al. (2017), onde as cultivares que eles testaram não foram submetidas a nenhum tratamento de fungicidas, portanto os valores de vagens por planta e grãos por vagem encontrados por eles foram menores comparados aos encontrados neste trabalho. O tratamento 6 (*Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico) possui apenas um princípio ativo em comparação aos outros tratamentos, os outros tratamentos possuem outros produtos como os multissítio, atuando de forma conjunta tanto no controle quanto no efeito fisiológico (LUZ et al, 2019),

Já nas avaliações de número de grãos por vagem, tanto os tratamentos químicos quanto os biológicos, tiveram comportamento semelhante, influenciando positivamente na quantidade de grãos por vagem, apresentando médias maiores que a testemunha,

estatisticamente. A testemunha teve uma média menor que 2,5 grãos por vagem, já os outros tratamentos possuíram de 2,5 até 2,8 grãos por vagem (Quadro 1). Essa diferença é observada no trabalho, pelo fato de os fungicidas químicos e biológicos, apresentarem ações sobre a planta, como o efeito verde, retardo da senescência foliar e outros fatores fisiológicos que contribuem para um melhor desenvolvimento, resultando em desde uma maior quantidade de vagens, como uma maior quantidade de grãos por vagem (FINOTO et al., 2011; SOUZA, 2017).

Para as análises de massa de 1000 grãos, todos os tratamentos químicos e biológicos obtiveram uma maior média, diferindo estatisticamente da testemunha (Quadro 1), sendo assim todos os tratamentos tiveram influência no peso médio da massa de 1000 grãos.

Para os tratamentos químicos que obtiveram valores de 113g a 118g de massa de 1000 grãos, pode se explicar que, produtos químicos como as estrobilurinas possuem uma ação sobre a planta que permanece por mais tempo verde no campo, com isso conseguem um tempo maior para produzir mais fotoassimilados e enchimento dos grãos (Figura 3), outro fator a ser ressaltado é que a estrobilurina aumenta a ação da nitrato redutase, aumentando a absorção de nitrogênio, melhora o desenvolvimento da planta, para sucessivamente melhor encher os grãos (RODRIGUES, 2009). Durante a fase de enchimento dos grãos, a planta prioriza a translocação de fotoassimilados para os grãos e diminuindo assim a quantidade translocada para as raízes, ocasionando decréscimo na assimilação de nitrogênio. Este processo também pode ser considerado como um mecanismo de controle da senescência em soja (GUFFY et al., 1992; FERGUNSON et al., 2007).

Produtos à base de ditiocarbamatos podem auxiliar na redução de senescência das folhas (Figura 3), aumentando o período de atividade fotossintética e a massa dos grãos (DE FREITAS FILHO, 2014). Esse resultado obtido foi um resultado apenas observado nos tratamentos, mas não foi quantificado.



Figura 2 - Vista geral de parcelas, aos 30 dias após a terceira aplicação, tratamento 5 composto por triazol, estrobilurina, carboxamida e ditiocarbamato (A), Tratamento 1 aplicado somente água (B).

Os tratamentos à base de produtos biológicos, também, podem possuir ação sobre a fisiologia da planta, melhorando o desenvolvimento, como aumento de crescimento tanto de parte aérea como da raiz, resultando assim, em um ganho de massa maior (DORIGHELLO, 2017). O gênero *Bacillus* tem sido amplamente estudado e uma das características desses organismos é a produção de diferentes substâncias que possuem ação contra fitopatógenos, em analogia com os fungicidas multisítios, que são essenciais dentro de um programa de combate a resistência e controle da doença (FRAC, 2010). O *Bacillus subtilis* possui uma grande gama de ação atuando por antibiose (KUPPER et al., 2003), podendo agir também na indução de resistência do hospedeiro (FOUSIA et al., 2016) e competição com o patógeno (MOHAMED et al., 2016).

A massa de 1000 grãos de todos os tratamentos exceto a testemunha, foram superiores a 100g, corroborando com Tessele et al. (2017), onde os valores de massa de 1000 representam o potencial genético da variedade.

Quanto à produtividade, o tratamento 2 (Azoxistrobina/benzovindiflupir + Difenconazol/Ciproconazol + Clorotalonil + Óleo mineral) teve a maior média (3495 kg / ha<sup>-1</sup>), diferiu estatisticamente da testemunha (2039 kg / ha<sup>-1</sup>), e também diferindo do tratamento 6 (*Baccillus* sp. + Adjuvante orgânico) (2617 kg / ha<sup>-1</sup>). O tratamentos 3 (Azoxistrobina / benzovindiflupir + Difenconazol/Ciproconazol + Clorotalonil + Óleo mineral + *Bacillus* sp. +

Adjuvante orgânico), tratamento 5 (Protioconazol/trifloxistrobina/bixafen) + (Trifloxistrobina/ciproconazol + Mancozeb + Éster metílico de óleo de soja) e o tratamento 7 (*Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico + Fosfito de cobre), também obtiveram uma diferença estatística da testemunha possuindo as segundas maiores médias 3100, 3106, 3061 kg / ha<sup>-1</sup> respectivamente, porém, não diferiram do tratamento 6 (*Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico) e nem dos demais tratamentos (Quadro 1).

Também foi observado por Felette (2016) e Tessele et al. (2017), que mesmo em condições adversas de clima, os tratamentos com fungicidas químicos e biológicos auxiliaram em um ganho de produtividade maior, em relação a testemunha sem nenhuma aplicação de produto. Segundo os autores, deve-se ao fato dos produtos químicos e biológico agirem nos processos fisiológicos da planta, que permanecendo verde por mais tempo, retardando senescência e aumento de crescimento de parte aérea e de raiz, auxiliam no maior acúmulo de foto assimilados nos grãos (SILVA, 1999).

Os produtos que contêm estrobilurinas diminuem a respiração mitocondrial das plantas (VENÂNCIO et al., 2004) podendo proporcionar um aumento do balanço de carbono, uma vez que esses fungicidas diminuem o ponto de compensação de CO<sub>2</sub> (GROSSMANN e RETZLAFF, 1997).

Assim, com uma alta taxa fotossintética prolongada e uma diminuição na respiração, a planta consegue produzir mais massa e conseqüentemente aumentar a produção, e os produtos que retardam a senescência foliar (SOUZA, 2017) e dentre outros fatores bioquímicos (FINOTO et al., 2011), também, têm auxílio no aumento de produtividade. Os dados corroboram com Neves e Blum (2014), que observaram que na ausência de uma alta severidade da doença, pode haver um ganho na produtividade com aplicação de fungicidas.

**Quadro 3** – Áreas abaixo da curva de progresso de lesões e urédias de *Phakopsora pachyrhizi*, número de vagens por plantas, número de grãos por planta, massa de 1000 grãos e produtividade de soja tratada com fungicidas químicos e biológicos. Dourados, MS, safra

AVALIAÇÕES	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5	Tratamento 6	Tratamento 7	Tratamento 8	Tratamento 9
AACPD DE LESÕES	81,97 a	4 b	5,4 b	3,17 b	3,34 b	19,52 b	16,15 b	16,17 b	12,12 b
AACPD DE URÉDIAS	244,12 a	8,46 b	12,1 b	8,3 b	9,23 b	99,8 ab	39,23 b	27,37 b	32,65 b
NÚMERO DE VAGENS / PLANTA	57,2 a	56,3 a	60,2 a	51,87 a	69,03 a	55,9 a	61 a	57,85 a	62,5 a
NÚMERO DE GRÃOS / VAGEM	2,5 a	2,7 a	2,6 a	2,7 a	2,7 a	2,6 a	2,6 a	2,8 a	2,7 a
MASSA DE 1000 GRÃOS	87 a	93,5 a	93 a	91 a	93,5	90 a	92 a	94 a	91,5 a
PRODUTIVIDADE	1115,55 a	1412,22 a	1244,45 a	1415,55 a	1417,77 a	1276 a	1278,22 a	1457,77 a	1261,11 a

**Legenda:**

Tratamento 1 (testemunha) – Água.

Tratamento 2 – (Azoxistrobina / benzovindiflupir) + (Difenoconazol / Ciproconazol) + Clorotalonil + Óleo mineral.

Tratamento 3 – (Azoxistrobina / benzovindiflupir) + (Difenoconazol / Ciproconazol) + Clorotalonil + Óleo mineral + *Bacillus* sp. + adjuvante orgânico.

Tratamento 4 – (Piraclostrobina + Fluxapyroxad) + (Piraclostrobina / epoxiconazol / fluxapyroxad) + (Equivalente em cobre metálico / oxicloreto de cobre) + Fenpropimorfe + Óleo mineral.

Tratamento 5 – (Protioconazol / trifloxistrobina / bixafen) + (Trifloxistrobina / ciproconazol) + Mancozeb + Éster metílico de óleo de soja.

Tratamento 6 – *Baccillus* sp. + Adjuvante orgânico.

Tratamento 7 – *Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico + Fosfito de cobre.

Tratamento 8 – *Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico + Fosfito de cobre + Diamônio acetato de cobre.

Tratamento 9 – (*Bacillus subtilis* / *Paenibacillus lentimorbus*) + Diamônio acetato de cobre.

**Quadro 2** –Número de urédias de *Phakopsora pachyrhizi*, número de vagens por plantas, número de grãos por planta, massa de 1000 grãos e produtividade de soja tratada com fungicidas químicos e biológicos. Dourados, MS, safra

AVALIAÇÕES	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5	Tratamento 6	Tratamento 7	Tratamento 8	Tratamento 9
NÚMERO DE URÉDIAS	3,75	2,75	1,5	2,5	1	3	3	3,5	3,5
NÚMERO DE VAGENS / PLANTA	58 c	73 a	67 abc	73 a	65 abc	60 bc	64 abc	65 abc	70 ab
NÚMERO DE GRÃOS / VAGEM	2,2 c	2,6 ab	2,8 a	2,7 ab	2,7 ab	2,5 b	2,7 ab	2,8 a	2,5 b
MASSA DE 1000 GRÃOS	96,4 b	116,4 a	115,8 a	118,4 a	113,6 a	109,5 a	111,8 a	108,1 a	108 a
PRODUTIVIDADE	2039 c	3495 a	3100 ab	2684 abc	3106 ab	2617 bc	3061 ab	2806 abc	2795 abc

**Legenda:**

Tratamento 1 (testemunha) – Água.

Tratamento 2 – (Azoxistrobina / benzovindiflupir) + (Difenoconazol / Ciproconazol) + Clorotalonil + Óleo mineral.

Tratamento 3 – (Azoxistrobina / benzovindiflupir) + (Difenoconazol / Ciproconazol) + Clorotalonil + Óleo mineral + *Bacillus* sp. + adjuvante orgânico.

Tratamento 4 – (Piraclostrobina + Fluxapyroxad) + (Piraclostrobina / epoxiconazol / fluxapyroxad) + (Equivalente em cobre metálico / oxicloreto de cobre) + Fenpropimorfe + Óleo mineral.

Tratamento 5 – (Protioconazol / trifloxistrobina / bixafen) + (Trifloxistrobina / ciproconazol) + Mancozeb + Éster metílico de óleo de soja.

Tratamento 6 – *Baccillus* sp. + Adjuvante orgânico.

Tratamento 7 – *Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico + Fosfito de cobre.

Tratamento 8 – *Bacillus* sp. + Adjuvante orgânico + Fosfito de cobre + Diamônio acetato de cobre.

Tratamento 9 – (*Bacillus subtilis* / *Paenibacillus lentimorbus*) + Diamônio acetato de cobre.

## 4.2 Segunda época de semeadura.

A presença da FAS a área foi verificada na terceira avaliação, com plantas em estágio fenológico R3. As quantidades de pústulas de doença encontradas foram significativas segundo os valores da AACPD de urédias e a AACPD de lesões apresentados no Quadro 3.

O tratamento sem o controle da doença foi o tratamento 1 (testemunha), que apresentou a maior média, apresentando a quantidade mais elevada de urédias e lesões, em relação aos outros tratamentos, corroborando com os dados de Lindner (2018), diferenciando estatisticamente dos outros tratamentos, menos do tratamento 6 (*Baccillus* sp. + Adjuvante orgânico), para número de urédias.

Condições climáticas (temperatura e umidade) em cada região são importantes para o progresso acentuado da FAS (GODOY et al., 2015), porém a época é mais adequada para o aparecimento da doença, devido ao fato de que diversas áreas de produção de soja já estão estabelecidas (EMBRAPA, 2018). A doença mostrou - se mais elevada devido a maior pressão de inóculo sobre plantas semeadas tardiamente (CRUVINEL, 2005), com isso, o índice de severidade foi maior na testemunha em relação aos tratamentos, exceto pelo tratamento 6 (*Baccillus* sp. + Adjuvante orgânico). De acordo com Luz et al. (2019), quando ocorre alta pressão de doença, o produto biológico acaba não sendo tão efetivo.

Já os outros tratamentos biológicos quando associados com químico tiveram maior eficiência sobre o desenvolvimento da doença (DORIGHELLO, 2013 e LUZ et al., 2019), devido aos efeitos dos produtos químicos e biológicos no desenvolvimento da doença, resultando assim em uma menor presença das estruturas reprodutivas e lesões.

A menor frequência de chuva fez com que a ferrugem progredisse mais lentamente após a constatação dos sintomas e por isso as aplicações fungicidas utilizadas não apresentaram diferença significativa entre si, apesar de terem sido mais eficientes em segurar a doença quando comparadas a testemunha sem aplicação.

Para as avaliações de quantidade de vagens por planta e número de grãos por vagem, massa de 1000 grãos e produtividade, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha.

O principal fator limitante dessa menor produção foi a baixa pluviosidade na região seguido da alta temperatura, porém, a maior quantidade de inóculo em época mais tardia proporcionou o aparecimento e desenvolvimento da doença, mas devido ao estresse hídrico a planta não atingiu desenvolvimento necessário para expressar diferenças na quantidade de

vagens por planta, grãos por vagem, massa de 1000 grãos e produtividade, em função dos danos causados pela doença (FARIAS et al., 2001; MORANDO et al., 2014). A produtividade para todos os tratamentos não atingiu o potencial produtivo da variedade, comparado aos trabalhos de Felette (2016) e Tessele et al. (2017).

O estresse hídrico é o principal fator limitante para o desenvolvimento da planta e ganho de produtividade, pois a água é responsável pelos diversos processos fisiológicos e bioquímicos da planta, e com essa baixa pluviosidade, o peso dos grãos acabou sendo afetado (FARIAS et al., 2001; MORANDO et al., 2014). A necessidade, em média, da soja é de 700 a 1200 mm de água por ciclo (SCALOPP et al., 2017), diferente da época do experimento que a precipitação foi bem abaixo (Figura 1).

Outro fator limitante, para o desenvolvimento e produtividade da soja, foi a época de semeadura, a cultivar Monsoy 6410 IPRO é precoce e possui um ciclo de 125 dias, portanto, ela se desenvolve melhor quando semeada no mês de setembro / outubro, diferente da segunda época em que foi semeada dia 20 de novembro e colhida dia 15 de março, totalizando 115 dias de ciclo (SANTOS e CECATTO, 2018), isso se deve ao fotoperíodo mais curto e as temperaturas mais elevadas, que aceleraram o desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, o reprodutivo também, ou seja, um menor período em que a planta se desenvolve e, conseqüentemente, um menor período de enchimento dos grãos (RODRIGUES et al., 2009).

Com os resultados obtidos para a região de Dourados/MS, devido ao baixo índice de doença na região, a utilização da calendarização, não seria muito viável para o produtor devido ao alto custo, para, realizar as aplicações de fungicidas especificadas em cada dia específico, com ou sem a presença da doença na área, sem falar no dano ao meio ambiente que o uso excessivo de defensivos pode ocasionar.

## 5. CONCLUSÃO

Na primeira época de semeadura houve baixa pressão de inóculo, obtendo maior produtividade de grãos nos tratamentos 2 (Azoxistrobina Benzovindiflupir, Difenconazol/Ciproconazol, Clorotalonil), tratamento 3 (Azoxistrobina/Benzovindiflupir, *Bacillus spp.*, Difenconazol/Ciproconazol), tratamento 5 (Protioconazol/trifloxistrobina/bixafen Trifloxistrobina/Ciproconazol, Mancozeb) e tratamento 7 (*Bacillus spp.* + Fosfito de cobre).

Na segunda época de semeadura houve maior incidência da doença, sendo que todos os tratamentos utilizados foram efetivos na redução da severidade em relação á testemunha. A eficiência do controle da FAS com fungicidas, pode não resultar em ganho de produtividade, quando as condições climáticas forem adversas, durante o crescimento e desenvolvimento da soja.

## 6. REFERÊNCIAS

AGOSTINO, F. D.; MORANDI, M. A. B. Análise da Viabilidade Comercial de Produtos à Base de *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus* para o Controle de Fitopatógenos no Brasil. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**, São Paulo, SP, Cap. 20, 300 – 316, 2009.

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. Fifth Edition, Elsevier Academic Press, London, UK. p. 249-263, 2005

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

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia. Volume 1 - Princípios e Conceitos**. 4 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2011. 704p.

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. A. **Ferrugem Asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira**. Dourados - MS: Embrapa Agropecuária-Oeste, 2002. (Circular Técnica, 11).

ANVISA. **C18 – Clorotalonil**. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/C18%2B-%2BClorotalonil.pdf/112e96e4-9447-4606-8ed7-b185a\\_0fdd5be](http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/C18%2B-%2BClorotalonil.pdf/112e96e4-9447-4606-8ed7-b185a_0fdd5be)> Acesso em: 10 jan. 2020.

AZEVEDO, L.A.S. **Fungicidas protetores: fundamentos para uso racional**. Campinas: Emopi Edit. e Graf., 2003. 320 p.

BARGABUS, R. L.; ZIDACK, N. K.; SHERWOOD, J. E. & JACOBSEN, B. J. Screening for the identification of potential biological control agents that induce systemic acquired resistance in sugar beet. **Biological Control** 30: 342-350. 2004.

BAKER, K. F., COOK, R. J., 1974. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: 6 WH Freeman and Co. 110 p.

BITTENCOURT, A. M.; BORIN, L. **Controle preventivo e curativo da ferrugem asiática da soja** – Safra 2014/2015 – Monografia (TCC). Dourados – MS. Dourados: UFGD, 2016.

BUTZEN, S.; BEUDOT, F.; MCINNES, B. **Asian soybean rust: fungicides**. **Crop Insights**, 2005. Disponível em: <<https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/template.CONTENT/guid.6604153B-DB01-CE9E-6A9D-B916EE2573BB>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L. de; PEREIRA, M. C. Efeito de alterações climáticas sobre o progresso da ferrugem (*Hemileia vastratrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1248-1252, set./out. 2001.

CLEMENTE, J. M.; CARDOSO, C. R.; VIEIRA, B. S. E.; DA MATA FLOR, I.; COSTA, R. L. Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. **African Journal of Agricultural Research**, Nairóbi, v. 11, n. 35, p. 3355-3359, Sep. 2016.

CONAB. 2019. **Portal de informações agropecuárias**. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

COPING, L. G. **The Manual of Biocontrol Agents A World Compendium**. 3. Ed. Croydon. BCPC. 2004.

CRUVINEL, A. R. **Epidemiology of soybean rust in different places on Goiás State: fungicide and time of planting effect**. 2005. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

DORIGHELLO, D. V. **Controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) com óleo de café e *Bacillus* spp.** 2013. Dissertação - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu 2013.

DORIGHELLO, D.V., Bettiol W., Maia N.B., de Campos Leite R. M. V. B. Controlling asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) with *Bacillus* spp. and coffee oil. **Crop Prot.** 67, 59-65, 2015.

DORIGHELLO, D.V. **Versatilidade de *Bacillus* spp. No controle biológico de doenças de plantas e na promoção de crescimento da soja**. 2017. Tese - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu 2017.

DIAS, S.K.F. **Avaliação da aplicação do vazio sanitário na cultura da soja no manejo da ferrugem-asiática no Distrito Federal e entorno**. Sabrina Kelly Ferreira Dias; orientação de Marcelo Fagioli - Brasília, 2018.

DE FREITAS FILHO, A.M. **Fungicidas de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de pimentão enxertadas e não enxertadas sob cultivo protegido**. 2014. 54f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ELEVAGRO. **O que são as morfolinás?** 2017. Disponível em: <<https://elevagro.com/materiais-didaticos/fungicidas-morfolinás/>>. Data de acesso: 15 de fevereiro de 2020.

EMBRAPA. **Ferrugem ‘asiática’ da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle**, 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/467712/1/Documentos247.pdf>> Acesso em: 3 de maio de 2019.

EMBRAPA. **Resistência à ferrugem da soja**. 2011. Disponível em: <[www.cnpso.embrapa.br](http://www.cnpso.embrapa.br)>. Acesso em: 17 abr. 2015.

EMBRAPA. **História da soja 2018**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 3 de maio de 2019.

EMBRAPA. **Incidência precoce da ferrugem da soja desafia produtores**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias//noticia/39752459/incidencia-precoce-da-ferrugem-da-soja-desafia-produtores>>. Acesso em: 29 de novembro de 2019.

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

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421, 2001.

FELETTE, A. G. M.Sc. Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel). **Qualidade na semeadura da soja e seu reflexo no desempenho agrônômico da cultura**, 2016.

FERGUNSON, B.R.; SHAPIRO, C.A.; DOBERMANN, A.R.; WORTMANN, C.S. **Fertilizer recommendations for soybeans**. Published by University of NebraskaLincoln extension, Institute of Agriculture and natural Resources, p.1-4, 2007.

FIALLOS, F. R. G. A ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. *Ciencia e Tecnologia*, Quevedo, v. 4, n. 2, p. 45-60, 2011.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O Clima da Região de Dourados**, MS. Dourados, MS 2008.

FINOTO, E. L.; CARREGA, W. C.; SEDIYAMA T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; CECON, P. R.; REIS, M. S. Efeito da aplicação de fungicida sobre caracteres agrônômicos e severidade das doenças de final de ciclo na cultura da soja. *Revista Agroambiente On-line*, v. 5, n. 1, p. 44-49, jan-abril, 2011.

FORCELINI, C.A. **Fungicidas inibidores da síntese de esteróis**. I. triazoles. *RAPP*, Passo Fundo, v.2, p.335-355, 1994.

FOUSIA, S., PAPLOMATAS, E.J., TJAMOS, S., 2016. *Bacillus subtilis* QST 713 confers protection to tomato plants against *Pseudomonas syringae* pv tomato and induces plant defence-related genes. **J. Phytopathol.** 164, 264-270.

FRAC, M., JEZIERSAKA – Tys, S., 2010. **Microbial diversity of soil environment**. *Post. Mikrobiol.* 49, 47-58.

FRAC. Fungicide Resistance Action Committe. **FRAC fungicide list (2)**. Sorted by mode of action. Disponível em: <[http://www.frac.info/publications/frac\\_list02.html](http://www.frac.info/publications/frac_list02.html)>. Acesso em: 11 mar. 2016.

FRAC. **Fungicide Resistance Action Committe. Informativo 01/2017** – Informação sobre carboxamidas em ferrugem da soja, 2017. Disponível em: <[http://media.wix.com/ugd/85b1d3\\_060a6876562140b693f03708057acff2.pdf](http://media.wix.com/ugd/85b1d3_060a6876562140b693f03708057acff2.pdf)>. Acesso em: 15/01/2020.

FUNDAÇÃO MT. FUNDAÇÃO MATO GROSSO. **Boletim informativo – Bimestral**. Mato Grosso: Fundação MT, n. 24, p. 2-3, 2008.

GOELLNER, K.; LOEHRER, M.; CONRATH, U.; Koch, E.; SCHAFFRATH, U. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v.11, n.2, p.169-177, 2010.

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

GODOY, C.V.; PIMENTA, C. B; WRUK, M. D. S.; RAMOS, J. E. U.; SIQUERI, F. V. FEKSA, H. R.; SANTOS, I; LOPES, I. O. N.; NUNES, J. J, ITO, M. A.; IAMAMOTO, M. M.; ITO, M. F.; MEYER, M. C.; DIAS, M.; MARTINS, M.C.; ALMEIDA, N. S.; ANDRADE, N. S.; ANDRADE, P. J. M.; SOURZA, P. I. M. BALARDIN, R. S.; BARROS, R.; SILVA, S. A.; FURLAN, S. H.; GAVASSONI, W. L. (2007) **Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2006/07**. Resultados sumarizados dos ensaios em rede. Londrina: Embrapa Soja. (Embrapa Soja. Circular Técnica 42).

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; PONTE, E. M. **Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR**. trop. Plantpathol. vol. 34 no. 1 Brasília, jan./FeV. 2009.

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

GODOY, C. V. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Circula técnica 111**, Embrapa, Londrina – PR, Brasil, 7p. 2015.

GRIFFIN, D.H. **Fungal physiology**: chapter 14 Fungicides.2. ed. New York: WilwyLiss, 1993. p.400-20.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 11-20, 1997.

GUFFY, R.D.; VASILAS, B.L.; HESKETH, J.D. Nitrogen partitioning and net photosynthesis in genotypes differing in seed filling duration and source. **Biotronics**, Fukuoka, v.21, p.1-10, 1992.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; ROPE, J. C. **Compendium of soybean diseases**. St. Paul: American Phytopathological Society, 4. ed., 1999, 284 p.

HENNING, A.A. (*Glycine max* L. Merrill). **Informativo ABRATES**. 19, 9-12. 13. 2009.

HORTA, A.; ALBUQUERQUE, L. Um novo fungicida protetor, com ação multissítio, é apontado por pesquisadores como alternativa para reduzir o problema de resistência de fungos. **Notícias agrícolas**, março de 2015. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

JANTSCH, A. J.; NETO, N. Eficácia de fungicidas no controle do fungo *phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. **Ciência & Tecnologia**, Cruz Alta v. 3, n. 1, p. 36-43, 2019.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; BALARDIN, R. S.; VALE, F. X. R. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Uberlândia, v.13, p. 351-395, 2005.

JULIATTI, F.C.; BELOTTI, I.F.; JULIATTI, B.C.M. **Mancozeb associado a triazóis e estrobilurinas no manejo da ferrugem da soja**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34, Resumos...Londrina: Embrapa, 2014. 292p.

KLOSOWSKI, A. C.; MAY DE MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, New York, v. 72, p. 1211–1215, 2016.

KUPPER, K. C.; FERNANDES, G. N.; GOES, A. de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatol. Bras.** 28, 251-257. 2003.

LANGENBACH, C., CAMPE, R., Beyer, S.F., Muller, A.N., Conrath U. Fighting 6. **Asian soybean rust. Front. Plant Sci.** 7, 797. 2016.

LINDNER, G. A. **Eficiência do controle químico preventivo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja em semeadura tardia na região sudoeste do Paraná**. 38 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

LUZ, L. M.; CEZIMBRA, J. C. G.; BESTER, G. F. B.; BOURSCHEID, C. A., SOUZA, E. L. **Avaliação de controle biológico sobre a Ferrugem Asiática (*phakopsora pachyrhizi*) na soja no sul do Brasil**. Porto Alegre, RS. 26 – 28, 2019.

MADIGAN, M.; JOHN, M.; KELLY B.; DANIEL, B.; DAVID, S. **Microbiologia de Brock**, 14° ed. Porto Alegre: Artmed, 960 p. 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT – Sistema de Produtos Fitossanitários**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

MOHAMED, A., HAMZA, A., BERBALAH, A. Recent approaches for controlling downy mildew of cucumber under greenhouse conditions. **Plant Prot. Sci.** 52, 1- 9. 2016.

MORANDO, R.; SILVA, A. O.; CARVALHO, L. C.; PINHEIRO, M. P. M. A. Déficit hídrico: Efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.114-129, 2014.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHET, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle Químico da Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

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

NEVES, J. DA S. e BLUM L. E. B. Influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 75 – 82, jan. – mar., 2014.

OLIVEIRA, G. **Cadeia respiratória e fosforilação oxidativa – geração de ATP**. [2016?]. Disponível em: <<http://www.geocities.com/bioquimicaplicada/resumosatp.thm>> Acesso em: 16 fev. 2016.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. **Doenças da soja I: Ferrugem asiática**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006, 48p.

REIS, E. M. Redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para retomar eficiência de controle. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.21, n. 141, p. 21-27, 2014.

REIS, E. M. REIS, A. C.; ZANATTA, M.; SILVA, L. H. C. P.; SIQUERI, F. V.; SILVA, J. R. C. **Evolução da redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia para recuperar a eficiência de controle**. 3 ed. Passo Fundo: Berthier, 2017, 103p.

RODRIGUES, M. A. T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. 2006. 249f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2006.

RODRIGUES, M. A. T. **Avaliação do efeito fisiológico do efeito de fungicidas na cultura da soja**. 2009. 193f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, ESALQ, Piracicaba, 2009.

SANTOS, E. L.; CECCATTO S. E. K. Abertura prematura de vagens e rendimento de grãos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.7, n.4, p. 11-23, 2018.

SCALOPPI, É. A. G.; SACALOPPI, E. M. T.; GUIMARÃES, L. E. B. V. S. **Levantamento da ocorrência da Ferrugem Asiática em cultivares de soja em área de reforma de canalial**. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Ribeirão Preto, SP, 2017.

SCHMITZ, H.K., MEDEIROS, C.A., CRAIG, I.R., STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-oxidoreductase inhibitors and demethylation inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Manag. Sci.** 70, 378- 388. 2013.

SHAFI, J.; TIAN, H.; JI, M. Bacillus species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, Abingdon, v. 1, n. 1, p. 446-459, Apr. 2017.

SILVA, S. A. **Estimativa de herança de caráter “Stay green” em genótipos de milho hexaplóides**. 1999. 56p. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C.; RIBEIRO, G. C.; ROCHA, R. R.; MORAES, D. G. Eficácia reduzida de triazóis no controle da ferrugem asiática. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, MG. v. 33, n. 29, p. 228, 2008.

SILVA, A.C.; SOUZA, P.E.; AMARAL, D.C.; ZEVIANI, W.M.; PINTO, J.E.B.P. Essential oils from Hyptis marrubioides, Aloysia gratissima and Cordia verbenacea reduce the progress of Asian soybean rust. **Acta Sci. Agron.** 36, 159-166, 2014.

SILVA, L.H.C.P. da; CAMPOS, H.D.; SILVA, J.R.C.; REIS, E.M. Control of Asian soybean rust with mancozebe, a multi-site fungicide. **Summa Phytopathol.**, Jaguaruna, v. 41, n. 1, p.64-67, 2015.

SILVA, L. L.; NETO, N. Análise de diferentes fungicidas no controle do fungo *Phakopsora pachyrhizina* cultura da soja. **Ciência & tecnologia**, Cruz Alta v. 3, n. 1, p. 44-51, 2019.

SOARES, L. H.; FAGAN, E. B.; CASAROLI, D.; ANDRADE, D. M.; SOARES, A. L.; MARTINS, K. V.; ROCHA, F. J. Aplicação de diferentes estrobilurinas na cultura da soja. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.18, n. 1, p. 78-97. 2011.

SOUZA, P. H. N. **Associação de mancozeb com formulações comerciais mistas de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja**. 2017. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados 2017. P 22-30.

TESSELE, A.; KREINCHINSKI, F. H.; ALBRECHT L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; LORENZETTI, J. B. Desempenho de cultivares de soja intacta em Marechal Cândido Rondon, Oeste Paranaense. **Sci. Agrar. Parana.**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 2, abr./jun., p. 200-205, 2017.

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

TOFOLI, J. G.; MELO, P. C. T.; DOMINGUES, R. J. Ação protetora, residual, curativa e anti-esporulante de fungicidas no controle da requeima e da pinta preta da batata em condições controladas. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 209-221, 2012.

TSUKAHARA, R. Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná Semina: **Ciências Agrárias**, vol. 29, núm. 1, enero-marzo, 2008, pp. 47-52 Universidade Estadual de Londrina Londrina, Brasil

TWIZEYIMANA, M.; HARTMAN, G. L. Culturing *Phakopsora pachyrhizi* on detached leaves and urediniospore survival at different temperatures and relative humidities. **Plant Disease**, St Paul, v.94, n.12, p.1453-1460, 2010.

VENÂNCIO, W.S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E.L.; SOUZA, N.L. Novos fungicidas. I – Produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. In: Luz, W.C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, v.7, 1999. p.103-55.

VENÂNCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N.L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2004.

WELLER, D.M. Biological control of soil borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. **Annual Review Phytopathology** v.26, p.379-407, 1988.

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

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): identificação e controle. **Informações Agronômicas**. Londrina, n. 104, p. 5-8, 2003.

YORINORI, J. T., LAZZAROTTO, J. J., 2004. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul**. Documentos 236, Embrapa, Londrina– PR, 27p.

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

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