

## AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA O CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA, VISANDO A RENTABILIDADE DA CULTURA.

Luciano Hiroyuki Kajihara<sup>1</sup>, Luis Otávio Saggion Beriam<sup>2</sup>, Silvânia Helena Furlan<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Rua Estanislau da Silva Leme, 30, CEP13847-066, Mogi Guaçu, SP, Brasil. <sup>2</sup>Instituto Biológico, Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, 1252, Vila Mariana, CEP04014-900, São Paulo, SP, Brasil.

Evaluation of fungicide application programs for the control of Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybean, aiming at the profitability of the crop. lucianokajihara@hotmail.com

### RESUMO

A ferrugem da soja é considerada uma das mais importantes doenças foliares da cultura da soja, reduzindo o potencial produtivo e causando grande impacto na economia brasileira. O presente estudo teve por objetivo avaliar os benefícios econômicos de programas de aplicação de fungicidas na cultura da soja, em três épocas de semeadura, cada uma com três cultivares distintas e em duas safras consecutivas, com base na severidade da ferrugem asiática, porcentagem de desfolha, peso de 1000 grãos e produtividade. As cultivares utilizadas foram de ciclo precoce, médio e tardio, respectivamente para a primeira, segunda e terceira época, semeadas em meados de outubro, novembro e dezembro, safras 2016/2017 e 2017/2018. Através da severidade da doença foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença e a porcentagem de controle, com base na AACPD. No estágio reprodutivo R7, avaliou-se a porcentagem de desfolha. A produtividade foi obtida a partir da colheita das parcelas foram convertidos para Kg ha<sup>-1</sup>. Ao final, foram realizadas análises dos benefícios econômicos para cada programa de aplicação de fungicidas. A semeadura com cultivares de ciclo precoce apresentou menor severidade da ferrugem asiática, e maiores produtividades quando comparada com a semeadura de novembro e dezembro. De uma maneira geral, os fatores mais determinantes na obtenção de maior lucratividade da cultura foram relativos à aplicação dos fungicidas na fase vegetativa e dos custos do fungicida empregado, e menos dependentes da severidade dos sintomas, da safra, da época de cultivo e da cultivar utilizada.

Palavras-chave: fungo, lucratividade, *Glycine max.* *Phakopsora pachyrhizi*

## EVALUATION OF FUNGICIDE APPLICATION PROGRAMS FOR THE CONTROL OF ASIAN RUST IN SOYBEAN, AIMING AT THE PROFITABILITY OF THE CROP.

### ABSTRACT

Soybean rust is considered one of the most important foliar diseases of the soybean crop, reducing the yield potential and causing a great impact on the Brazilian economy. This study aimed to evaluate the economic benefits of fungicide application programs in soybean crop, in three sowing times, each with three different cultivars and in two consecutive crops, based on Asian rust severity, defoliation percentage, 1000 grain weight and yield. The cultivars used were of early, medium and late cycle, respectively for the first, second and third season, sown in mid-October, November and December, 2016/2017 and 2017/2018 seasons. Using disease severity, the area under the disease progress curve and the percentage of control were calculated, based on the AUDPC. In reproductive stage R7, the percentage of defoliation was evaluated. The yield was obtained from the harvest of the plots were converted to  $\text{Kg ha}^{-1}$ . At the end, analyzes of the economic benefits for each fungicide application program were carried out. Sowing with early cycle cultivars showed lower severity of Asian rust, and higher yields when compared to sowing in November and December. In general, the most determining factors in achieving greater crop profitability were related to the application of fungicides in the vegetative phase and the costs of the fungicide used, and less dependent on the severity of symptoms, crop, growing season and cultivar used.

Keywords: fungus, profitability, *Glycine max.* *Phakopsora pachyrhizi*

No Brasil existem duas espécies de ferrugem, a americana (*Phakopsora meibomiae*) e a asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), sendo que a primeira espécie foi identificada por Deslandes (1979) em plantas de soja perene (*Glycine wightii*), feijão de lima (*Phaseolus lunatus* var. *macrocarpus*) e, posteriormente, em soja (*Glycine max*) no ano de 1979 em Lavras-MG. Estudo realizado por Akamatsu et al. (2004) confirmou, através de técnicas moleculares, que as amostras coletadas em Lavras, no ano de 1979, por Deslandes (1979) e armazenadas no Instituto Biológico eram de *P. pachyrhizi* o que foi demonstrado que a doença já estava presente a mais tempo no País em estado endêmico.

Em 2001, a ferrugem asiática ocorreu em áreas de campos de produção de soja safrinha e soja tiguera no oeste do Estado do Paraná (YORINORI; PAIVA, 2002; YORINORI et al., 2005). No mesmo ano, amostras da doença coletadas do Brasil e Paraguai foram enviadas e analisadas nos Estados Unidos através da biologia molecular onde concluíram que a espécie identificada foi correspondente à ferrugem asiática, que tem como agente causal a espécie *Phakopsora pachyrhizi* Sydow. A partir de 2005, a doença já se encontrava em todas as regiões produtoras de soja do País, causando sérios prejuízos às lavouras.

O processo de infecção de *Phakopsora pachyrhizi* inicia-se quando os uredosporos, na presença de água líquida, germinam e emitem

o tubo germinativo sobre a superfície da folha, formando apressório que se desenvolve sobre a parede celular. A penetração acontece diretamente através das células da epiderme. As urédias podem se formar de 5 a 10 dias após a infecção e os esporos do fungo podem ser produzidos e liberados por até 3 semanas. A temperatura para a germinação dos uredosporos pode variar de 8° C a 28° C, no entanto, sob alta umidade relativa do ar, a temperatura ideal pode variar entre 15° C a 25° C. Nesta faixa de temperatura, a infecção da doença ocorre em 6 horas após a penetração, porém são necessários 16 horas de umidade relativa alta, para que a infecção se realize por completo. Portanto, é preciso que haja temperaturas noturnas amenas e presença de água na superfície das folhas para que a doença seja favorecida (ITO, 2013).

Os sintomas iniciam-se nas folhas baixas e são caracterizados por pequenos pontos escuros, com coloração esverdeada a cinza-esverdeada. No local afetado, observa-se uma protuberância na página abaxial da folha, conhecida por urédia. Na sequência, adquirem coloração castanho-claro a escura, abrindo pequeno poro, expelindo os uredosporos e que se acumulam ao seu redor e, posteriormente, são carregados pelo vento. O tecido da folha ao redor das urédias tornam-se castanho-claro e com esporulação abundante (lesão do tipo TAN “tanish”), ou castanho-avermelhado com pouca ou nenhuma esporulação (lesão do tipo RB “redish-brown”),

normalmente encontradas em materiais com certa resistência (FURLAN, 2004).

Além de folhas, a doença pode atacar pecíolos, vagens e caules. No início do desenvolvimento da doença, as lesões podem ser confundidas com pústulas de bactéria. Os uredosporos são levados a curta ou longas distâncias através do vento, mas não pelas sementes (HARTMAN et al., 1991), embora os esporos possam ficar no tegumento das mesmas. Possivelmente, ocorra nos fragmentos de folíolos, pecíolos, caule, que ficam misturados com as sementes logo após a colheita da soja (GASTAL & RAUPP, 1976).

A ferrugem asiática pode ocorrer em qualquer fase de desenvolvimento da soja. Plantas severamente atacadas pela doença apresentam redução na área fotossintética, pela destruição dos tecidos foliares, amarelecimento das folhas e desfolha precoce, o que compromete a formação, o enchimento de vagens e a massa final dos grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, conseqüentemente, maior a perda de rendimento e de qualidade (YANG et al., 1991). Com alta incidência da doença na fase reprodutiva de formação de vagens, ou no início da granação, podem ocorrer aborto e queda das vagens.

A disseminação do patógeno dá-se através do vento, podendo ser para lavouras próximas ou a longas distâncias, onde sobrevive e se multiplica em plantas vivas hospedeiras. A ferrugem asiática é

considerada doença policíclica, ou seja, o inóculo produzido sobre plantas doentes é capaz de, numa mesma estação de cultivo, infectar novas plantas, e o inóculo que se formar nestas plantas pode provocar doenças em outras plantas e assim sucessivamente

Existem várias táticas de manejo da ferrugem asiática, entre elas: semeadura antecipada, uso de cultivares de ciclo precoce, controle de soja voluntária, ausência de soja na entressafra através do vazio sanitário, monitoramento constante da lavoura desde o início do ciclo, cultivares tolerantes e aplicação de fungicidas logo após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença (GODOY, 2009).

Estudos dos ensaios cooperativos em rede vem sendo realizado desde a safra 2003/2004 para avaliar a eficiência dos fungicidas registrados para o controle da ferrugem-asiática da soja e das novas misturas que estão em fase final de avaliação para registro. Os fungicidas avaliados pertencem aos grupos químicos: inibidores da desmetilação (IDM), inibidores da quinona externa (IQe), inibidores da succinato desidrogenase (ISDH), ditiocarbamato (mancozebe), cloronitrila (clorotalonil) e inorgânico (oxicloreto de cobre). Uma das estratégias de manejo químico da doença seria a mistura de vários grupos químicos tais como a misturas de IQe e IDM, misturas de IDM e cloronitrila, mistura de ISDH e inorgânico, mistura de IQe, IDM e ditiocarbamato, mistura

de IQe e ISDH, misturas de IDM, IQe e ISDH, IDM e ISDH, mistura de IQe + IDM e ditiocarbamato, mistura de ISDH e cloronitrila e mistura de IDM e ditiocarbamato (GODOY et al., 2020).

Aplicações preventivas de fungicidas têm resultado em menores perdas de produtividade (OLIVEIRA, 2004), além do maior período de controle, maior intervalo entre as aplicações e melhor desempenho dos fungicidas (VITTI et al., 2004).

Por outro lado, aplicações tardias de fungicidas representam maior número de aplicações com intervalos menores entre as aplicações, baixa eficácia dos produtos e perdas de produtividade. GODOY et al. (2009) verificaram que aplicações realizadas em plantas com alta severidade da ferrugem asiática, resultaram em baixa produtividade, sendo similar à testemunha, reduzindo muito o potencial produtivo da cultivar, além do risco de selecionar linhagens resistentes de *P. packirizhi*

MUTTA et al. (2018) observaram viabilidade na aplicação de fungicidas no estágio vegetativo V4, para o controle de ferrugem asiática, com ganhos significativos em produtividade, peso de 1000 grãos e redução na severidade da doença.

Portanto, o uso de fungicidas de forma preventiva através do monitoramento da cultura e das condições climáticas, representa a melhor estratégia de controle, conferindo maior eficácia no

manejo da ferrugem asiática, maior período de controle, maior intervalo entre as aplicações e maior produtividade e, provavelmente menor custo de produção, quando comparado com aplicações tardias.

O estudo teve por objetivo determinar os benefícios econômicos de programas aplicação de fungicidas, em três épocas de semeadura, com três cultivares de soja, em duas safras consecutivas, com base na severidade da ferrugem asiática, porcentagem de desfolha, peso de 1000 grãos e produtividade da cultura da soja.

Os experimentos foram instalados no município de Artur Nogueira - SP, com coordenadas geográficas latitude S 22°31'43,5'' e longitude O 47°07'03.0'', em blocos ao acaso, com quatro repetições, três épocas de semeadura, cada uma com três cultivares distintas nas safras 2016/2017 e 2017/2018. A seleção das cultivares obedeceu às recomendações segundo o grupo de maturação de cada uma, com ciclos precoce, médio e tardio, todas suscetíveis à ferrugem asiática. Nas duas safras, a primeira época de semeadura foi realizada em meados de outubro, a segunda em meados de novembro e a terceira em meados de dezembro. Todas as cultivares apresentam resistência ao acamamento, suscetibilidade à ferrugem. As características das cultivares encontram-se descritas na tabela 1.

**Tabela 1** - Épocas de semeadura da soja, cultivares e suas características.  
Safras 2016/2017 e 2017/2018

Época de semeadura*	Cultivar	Hábito de crescimento	Grupo de Maturação	Densidade (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Ciclo
1 <sup>a</sup>	BMX Turbo RR	Indeterminado	5.8	220 a 290 mil	Super-precoce
1 <sup>a</sup>	NA 5909 RG	Indeterminado	5.9	330 a 400 mil	Super-precoce
1 <sup>a</sup>	M 5917 IPRO	Indeterminado	5.9	260 a 300 mil	Super-precoce
2 <sup>a</sup>	BMX Potência RR	Indeterminado	6.7	200 a 280 mil	Médio
2 <sup>a</sup>	M 6410 IPRO	Indeterminado	6.4	200 a 280 mil	Médio
2 <sup>a</sup>	NS 7200 IPRO	Indeterminado	6.7	340 a 400 mil	Médio
3 <sup>a</sup>	M 7739 IPRO	Semi-determinado	7.7	220 a 260 mil	Tardio
3 <sup>a</sup>	Desafio RR	Indeterminado	7.4	350 a 400 mil	Tardio
3 <sup>a</sup>	NS 7300 IPRO	Indeterminado	7.3	240 a 280 mil	Tardio

\* 1<sup>a</sup> época: meados de outubro.

2<sup>a</sup> época: meados de novembro.

3<sup>a</sup> época: meados de dezembro.

Cada experimento foi composto por parcelas de três metros de largura, seis metros de comprimento e delineamento estatístico bloco ao acaso. O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre linhas, com densidades apropriadas para cada cultivar de soja por hectare. As aplicações de fungicidas foram realizadas por meio de um pulverizador costal manual pressurizado com CO<sub>2</sub>, pressão de 40 libras, munidos de pontas do tipo leque XR 110.02, com volume de calda de 200 L.ha<sup>-1</sup>.

Os programas e épocas de aplicação dos fungicidas estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Programas, doses de fungicidas (g.i.a.ha<sup>-1</sup>), estádios fenológicos no momento da aplicação, para o controle da ferrugem asiática na cultura da soja. Artur Nogueira, SP, safras 2016/2017 e 2017/2018.

Programa	Fungicidas (misturas)	Dose (g.i.a.ha <sup>-1</sup> )	Estádios fenológicos
1	-	-	-
2	Carbendazim + Tebuconazole	250	V6
	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90	R1
	Azoxistrobina +Ciproconazole + Clorotalonil Ciproconazole + Picoxistrobina	84 + 936 84	R3 R5.1
3	Carbendazim + Tebuconazole	150	V3 e V6
	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90	R1
	Azoxistrobina +Ciproconazole + Clorotalonil Ciproconazole + Picoxistrobina	84 + 936 84	R3 R5.1
4	Carbendazim + Tebuconazole	375	V6
	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90	R1
	Azoxistrobina + Ciproconazole + Clorotalonil Ciproconazole + Picoxistrobina	84 + 936 84	R3 R5.1
5	Epoxiconazole + Piraclostrobina	91,5	V6
	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90	R1
	Azoxistrobina + Ciproconazole + Clorotalonil Ciproconazole & Picoxistrobina	84 + 936 84	R3 R5.1
6	Propiconazole + Difenconazole	75	V6
	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90	R1
	Azoxistrobina + Ciproconazole + Clorotalonil Ciproconazole + Picoxistrobina	84 + 936 84	R3 R5.1
7	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	90	R1
	Azoxistrobina + Ciproconazole+ Clorotalonil Ciproconazole + Picoxistrobina	84 + 936 84	R3 R5.1

<sup>1</sup> Estádios fenológicos: V3 (2º trifólio desenvolvido); V6 (5º trifólio desenvolvido); R1 (uma flor aberta); R3 (início da formação da vagem); R5.1 (10% da granação).

As avaliações da porcentagem da severidade da ferrugem asiática foram realizadas em quatro pontos por parcela, na metade inferior e metade superior das plantas de soja, com base na escala proposta por GODOY et al. (2006). A escala diagramática foi desenvolvida através de folíolos com severidade em diferentes níveis coletados para determinação dos limites mínimos e máximos e os níveis intermediários foram determinados de acordo com a “lei do estímulo visual de Weber-Fechner”. A escala proposta apresentou os níveis de 0,6; 2; 7; 18; 42 e 78,5 %.

A validação da escala foi realizada por oito avaliadores (quatro sem experiência e quatro com experiência), os quais estimaram a severidade de 44 folíolos de soja com sintomas de ferrugem, com e sem a utilização da escala. Quase todos apresentaram tendência de superestimar a severidade sem o uso da escala diagramática. Com a escala, os avaliadores conseguiram atingir melhores níveis de acerto e precisão. Avaliadores experientes foram mais acurados e precisos do que avaliadores sem experiência, sendo a melhora nas avaliações com o uso da escala mais significativa para os avaliadores inexperientes.

Foram realizadas seis avaliações de severidade da doença, iniciando no estágio vegetativo V3 seguido de V6, R1, R3, R5.1 e R5.3. Ao final de todas as avaliações foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (CAMPBELL & MADDEN, 1990), através

da fórmula  $AACPD = \sum [((y_1 + y_2)/2) * (t_2 - t_1)]$ , onde  $y_1$  e  $y_2$  são duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.

A porcentagem de controle foi calculada com base na AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença), pela fórmula de Abbott =  $(X - Y / X) * 100$  (ABBOTT, 1925), onde  $X$  = porcentagem de severidade na testemunha e  $Y$  = porcentagem de severidade na parcela tratada.

Na fase reprodutiva R7, avaliou-se, visualmente, a porcentagem de desfolha pela escala proposta por HIRANO et al. (2010). A escala consiste em imagens de áreas de soja, obtidas a 1,5 m de altura do solo, em vista frontal e possui seis níveis, correspondentes a 5, 15, 45, 65, 85 e 100% de desfolha.

A produtividade de grãos foi obtida a partir da colheita das parcelas, numa área útil de 5 m<sup>2</sup> por parcela e convertidas para Kg ha<sup>-1</sup>. Foi também quantificado o peso de 1000 grãos (PMG) em gramas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey, para a comparação de médias com 5% de probabilidade, através do programa estatístico AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO JUNIOR, 2009).

Ao final, com base na severidade da ferrugem, porcentagem de desfolha, peso de 1000 grãos e rendimento de grãos, foram realizadas análises dos benefícios econômicos para cada programa de aplicação de fungicidas.

Na Tabela 3, encontram-se os custos dos fungicidas utilizados em cada tratamento, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Os valores correspondem em reais por hectare (R\$.ha<sup>-1</sup>) e foram coletados de revendas e cooperativas da região de Mogi Mirim - SP. Após a colheita de cada cultivar de cada época

de semeadura, realizou-se o cálculo do lucro bruto e na sequência, através da diferença entre a testemunha e os custos dos fungicidas, calculou-se o lucro líquido. O preço da saca de 60 Kg, no mês de janeiro, estava em R\$67,18 e R\$73,72, respectivamente para cada safra.

**Tabela 3** - Custos dos fungicidas utilizados nas safras 2016/2017 e 2017/2018, para o controle da ferrugem asiática da soja, em R\$.ha<sup>-1</sup>. Artur Nogueira - SP.

Programas	Custos	
	Safra 2016/2017 (R\$. ha <sup>-1</sup> )	Safra 2017/2018 (R\$. ha <sup>-1</sup> )
1	-	-
2	291,80	259,80
3	297,47	264,30
4	292,48	267,33
5	305,00	276,33
6	295,00	268,68
7	263,00	237,33

Na safra 2016/17, com base nas três épocas de semeadura, o programa 2, cujo programa de aplicação iniciou-se com carbendazim + tebuconazole, no estádio vegetativo V6, obteve-se controle da ferrugem asiática igual ou acima de 90 %, semelhante aos programas 3 a 6, porém sua lucratividade foi superior. Enquanto que, o programa 7 em que não se utilizou aplicações nos estádios vegetativos (V3 ou V6), apresentou menores porcentagens de controle, maiores porcentagens de desfolha e menores produtividades e, por conseguinte,

menores lucratividades em relação aos demais. Houve alguma exceção em relação ao programa 5 (piraclostrobina + epoxiconazole em V6), para o qual a lucratividade mostrou-se inferior aos demais programas (2, 3, 4 e 6). O peso de 1000 grãos não foi determinante para diferenciar os programas de aplicação, somente os diferiu da testemunha, embora ela apresentou-se com os maiores valores de AACPD em relação a todos os programas de aplicação (Tabelas 4 a 6).

Independentemente do uso ou não na fase vegetativa, os lucros na 3<sup>a</sup>. época (Tabela 6) variaram de R\$ 950,04.ha<sup>-1</sup> a R\$ 1372,77.ha<sup>-1</sup>, valores superiores àqueles observados para a cultura quando semeada na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> épocas (Tabelas 4 e 5), fato que se confirma em situações de maior pressão da ferrugem asiática, isto é, o controle químico com fungicidas pode proporcionar maior retorno econômico ao produtor quando há maior severidade dos sintomas da doença.

Assim, a utilização de fungicidas em programas de aplicação proporcionou rentabilidade à cultura da soja, ainda maior quando há condições mais favoráveis à doença, sobretudo em épocas de cultivo mais tardio devido à maior presença do inóculo.

Na safra seguinte, 2017/18, os resultados foram semelhantes à anterior no que se refere à maior lucratividade do programa 2 em relação aos demais, embora o controle da doença, a porcentagem de desfolha e a produtividade não diferiram significativamente dos programas 3, 4 e 6. Novamente, em geral, os programas 5 e 7 foram inferiores em eficácia e lucratividade, apesar de que na primeira época de semeadura as diferenças diminuíram entre estes e os tratamentos 3 e 6. Todos os programas de aplicação diferiram da testemunha em relação à AACPD, porém nem sempre quanto ao peso de 1000 grãos e à produtividade (Tabelas 7 a 9).

Portanto, o rendimento da cultura depende de vários fatores abordados, como a época de semeadura, o momento das aplicações, o fungicida utilizado e a severidade da doença, que irão afetar o potencial de inóculo, a cobertura de proteção das plantas, o residual do produto e etc. No entanto, os resultados gerados indicam que os fatores de maior influência sobre a lucratividade parecem estar relacionados às épocas de aplicação (estádios vegetativo ou reprodutivo), que refletiram na AACPD, na porcentagem de controle e na produtividade. Ainda, o lucro é evidentemente reflexo dos custos dos fungicidas utilizados nos programas, associado à sua eficácia. Ressalta-se que em geral, observou-se um efeito positivo da aplicação em V6, em relação a sua ausência, o que não ocorreu com a mesma vantagem para a aplicação feita em V3, independentemente da época de semeadura e fungicida utilizado.

GASPARETTO et al. (2011) verificaram que a aplicação de fungicidas, para controle de ferrugem asiática da soja, gerou receita superior (77,0 % a 210,0 %), em relação à testemunha. O uso da maior dose de picoxistrobina + ciproconazole representou o segundo maior custo de aplicação, no entanto, resultou no maior lucro líquido, em função da maior eficiência do controle da ferrugem asiática, e por consequência, incremento do rendimento de grãos.

CRUZ et al. (2012), estudaram as cultivares Monsoy 8411 (ciclo de

maturação precoce), BRS Corisco (ciclo médio) e BRS Barreiras (ciclo tardio) em duas safras, safra 2007/2008 e safra 2008/2009 semeadas em três épocas de semeadura. Concluíram que os danos causados pela ferrugem da soja foram maiores na época de semeadura tardia, causando desfolha antecipada e redução na produtividade de grãos.

Umadaspossibilidadesdosbenefícios de aplicações mais precoces, no estágio vegetativo, deve-se à ocorrência de doenças foliares como a septoriose, cercosporioses e mancha alvo na cultura da soja, as quais, no entanto, não surgiram no presente trabalho. Acredita-se que aqui, em ambas as safras, as vantagens observadas destas aplicações principalmente realizadas em V6, devem-se à melhor cobertura das plantas, por obter maior alcance das gotas nas partes inferiores da planta, quando as linhas de plantio encontram-se abertas. Além disso, sabe-se que a ferrugem asiática se inicia no baixeiro da planta e mesmo sem aparentar os sintomas pode

estar presente de forma latente neste período. STEFANELO (2014) observou que a aplicação de fungicidas no estágio vegetativo apresentou benefício no controle de mancha alvo quando comparado com aplicações somente no estágio reprodutivo para o cultivar TMG 132 RR no município de Primavera do Leste.

Finalmente, o presente estudo possibilitou verificar que a semeadura com cultivares de ciclo precoce, realizada a partir de meados de outubro, apresentou menor severidade de ferrugem causada por *Phakopsora pachyrhizi*, e maiores aumentos de produtividade, quando comparada com a semeadura de novembro e dezembro. De uma maneira geral, os fatores mais determinantes na lucratividade da cultura foram relativos ao momento da aplicação dos fungicidas, mais favorável ao estágio V6 do que V3 e do que o período reprodutivo, além dos custos do fungicida utilizado, em relação à safra, época de cultivo, cultivar utilizada e severidade da ferrugem asiática.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.18, n.1, p.265-267, 1925.

AKAMATSU, M.A.; FIGUEREDO, M.B.; HARAKAVA, R. Detecção e Distinção de *Phakopsora pachyrhizi* e *P. melbomiae* em Amostras do Herbário Uredinológico do Instituto Biológico. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.29, supl., p.277-278, 2004. (Resumo).

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. Software AgroEstat - Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2009.

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

CRUZ, T.V.; PEIXOTO, C.P.; MARTINS, M.C.; LARANJEIRA, F.F.; LOPES, P.V.L.; ANDRADE, N.S.; LEDO, C.A.S. Perdas causadas pela ferrugem-asiática em cultivares de soja semeadas em diferentes épocas, no Oeste da Bahia. *Tropical Plant Pathology*, vol. 37(4):255-265, 2012.

DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no Estado de Minas Gerais. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 4, n. 2, p. 337-339, 1979.

FURLAN, S.H. Impacto, diagnose e manejo da ferrugem asiática da soja no Brasil. Anais, Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico. Aguará SP. 2004, (CD-ROM).

GASPARETTO, R.; FERNANDES, C.D.; MARCHI, C.E.; BORGES, M.F. Eficiência e viabilidade econômica da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja em Campo Grande, MS. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.78, n.2, p.251-260, abr./jun., 2011.

GASTAL, M.F.C.; RAUPP, A.A.A. Ferrugem da soja - prevenção através de cultivares resistentes. Embrapa. Comunicado Técnico, 20, p.1-4, 1976.

GODOY, C.V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M.G. Diagramatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. *Fitopatologia Brasileira*, 31(1), p.63-68, 2006.

GODOY, C.V. Estratégias de manejo para a ferrugem da soja. *Agroanalysis*, set. 2009, p.44-45, 2009.

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

GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M.; MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; LOPES, I.O.N.; DIA, A.R.;

MUHL, A.; WESP-GUTERREZ, C.; PIMENTA, C.B.; JUNIOR, E.R.A.; MORESCO, E.; KONAGESKI, F.T.; BONANI, J.C.; ROY, J.M.T.; GRIGOLLI, J.G.J.; JUNIOR, J.N.; ARRUDA, J.H.; NAVARINI, L.; BELUFI, L.M.R.; SILVA, L.H.C.P.; SATO, L.N.; JUNIOR, M.M.G.; SENGER, M.; MULLER, M.A.; DEBORTOLI, M.P.; MARTINS, M.C.; TORMEN N.D.; BALARDIN, R.S.; MADALOSSO, T.; KONAGESKI, T.F.; CARLIN, V.J. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/20: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 20p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 160).

HARTMAN, G. L.; WANG, T.C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. *Plant Disease* 75: 596-600.1991.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A.J.; XAVIER, S.A.; CANTERI, M.G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. *Summa Phytopathol., Botucatu*, v. 36, n. 3, p. 248-250, 2010.

ITO, M.F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. Nucleus, Edição especial, p.83 - 102, 2013.

MUTTA, F.T.T.; KATO, D.S.; BELLETTINI, R.; MEGDA, F.F.; PEREIRA, R.A.; FIGUEIRA, M. Efeito da aplicação de fungicidas em estágio vegetativo da soja para controle da ferrugem asiática na safra 2016/2017. In: Congresso Brasileiro de Soja, 8. 2018. Anais... Goiânia:Embrapa, p.581-583, 2018. CD-ROM.

OLIVEIRA, S.H.F. Época de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29 Supl. p. 295, 2004.

STEFANELO, M.S. Controle químico de *Corynespora cassicola* (Berk. & Curt.) Weir em soja. (Mestrado em Agronomia). 2014. 89p. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2014.

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

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

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

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

**Tabela 4** - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle da ferrugem asiática (%), desfolha (%), peso de mil grãos (PMG), produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) e lucratividade (R\$.ha<sup>-1</sup>) nas cvs. de soja de ciclo precoce NA 5909 RG, BMX Turbo RR e M 5917 IPRO, na primeira época de semeadura, em meados de outubro. Artur Nogueira-SP, safra 2016/2017.

Programa	AACPD	Controle (%)	Desfolha (%)	PMG (g)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Lucro (R\$.ha <sup>-1</sup> )
1	878,4 a*	0	66,2 a	152,8 a	3133,7 c	0
2	86,4 b	90	15,8 c	168,8 a	4090,5 a	779,50
3	75,9 b	91	14,3 c	167,6 a	3854,1 ab	509,13
4	124,4 b	86	19,6 bc	168,5 a	3851,7 ab	511,33
5	129,1 b	85	20,8 bc	168,5 a	3878,8 ab	529,24
6	122,5 b	86	18,3 bc	168,9 a	3816,6 ab	469,55
7	232,8 b	74	32,5 b	164,6 a	3381,3 bc	60,89
DMS (5%)	172,3		15,57	19,23	534,40	
CV (%)	51,1		40,6	8,1	9,8	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $\leq 0,05$ ).

**Tabela 5** - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle da ferrugem asiática (%), desfolha (%), peso de mil grãos (PMG), produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) e lucro (R\$.ha<sup>-1</sup>) nas cvs. de soja de ciclo médio BMX Potência RR, M 6410 IPRO e NS 7200 IPRO, na segunda época de semeadura, em meados de novembro, Artur Nogueira-SP, safra 2016/2017.

Programas	AACPD	Controle (%)	Desfolha (%)	PMG (g)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Lucro (R\$.ha <sup>-1</sup> )
1	1403,7 a*	0	80,8 a	133,7 b	2375,6 b	-
2	103,1 b	93	42,3 b	148,4 a	3343,4 a	791,89
3	108,5 b	92	41,7 b	150,9 a	3253,0 a	685,02
4	114,5 b	92	47,3 b	148,1 a	3049,3 ab	461,87
5	144,4 b	90	45,8 b	148,7 a	2918,2 ab	302,61
6	142,8 b	90	42,9 b	147,5 a	3096,0 ab	511,68
7	202,1 b	86	51,7 b	146,5 a	2735,2 ab	326,25
DMS (5%)	417,99		29,91	12,73	773,03	
CV (%)	92,2		41,5	8,2	16,3	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $\leq 0,05$ ).

**Tabela 6** - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle da ferrugem asiática (%), desfolha (%), peso de mil grãos (PMG), produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) e lucro (R\$.ha<sup>-1</sup>) nas cvs. de soja de ciclo tardio Desafio RR, NS 7300 IPRO, M 7739 IPRO, na terceira época de semeadura, em meados de dezembro, Artur Nogueira-SP, safra 2016/2017.

Programas	AACPD	Controle (%)	Desfolha (%)	PMG (g)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Lucro (R\$.ha <sup>-1</sup> )
1	2338,0 a*	0	99,7 a	121,9 b	2206,9 b	-
2	201,6 b	91	64,2 b	156,2 a	3518,6 a	1176,83
3	206,7 b	91	65,4 b	156,2 a	3617,4 a	1281,89
4	234,9 b	90	65,4 b	150,0 a	3751,4 a	1436,88
5	272,3 b	88	66,2 b	151,0 a	3870,8 a	1558,04
6	243,7 b	90	64,6 b	158,4 a	3744,8 a	1426,89
7	337,4 b	86	70,8 b	151,6 a	3004,0 ab	629,47
DMS (5 %)	230,56		15,43	16,46	933,13	
CV(%)	29,4		15,2	7,7	19,2	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $\leq 0,05$ ).

**Tabela 7** - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle da ferrugem asiática (%), desfolha (%), peso de mil grãos (PMG), produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) e lucro (R\$.ha<sup>-1</sup>), nas cvs. de soja de ciclo precoce NA 5909 RG, BMX Turbo RR e M 5917 IPRO, na primeira época de semeadura, em meados de outubro, Artur Nogueira-SP, safra 2017/2018.

Programas	AACPD	Controle (%)	Desfolha (%)	PMG (g)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Lucro (R\$.ha <sup>-1</sup> )
1	353,3 a*	0	42,9 a	220,7 ab	3978,2 a	-
2	16,8 b	95	5,3 b	222,7 a	4560,6 a	455,77
3	14,4 b	96	4,4 b	215,1 b	4363,4 a	208,90
4	23,1 b	94	5,1 b	215,3 b	4274,9 a	97,34
5	29,3 b	92	6,7 b	218,5 ab	4139,0 a	-78,63
6	28,7 b	91	5,1 b	218,0 ab	4380,2 a	225,30
7	53,3 b	85	8,6 b	215,9 ab	4374,1 a	249,08
DMS (5%)	106,83		17,11	7,08	656,04	
CV(%)	100,8		107,3	3,4	10,6	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $\leq 0,05$ ).

**Tabela 8** - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle da ferrugem asiática (%), desfolha (%), peso de mil grãos (PMG), produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) e lucro (R\$.ha<sup>-1</sup>) nas cvs. de soja de ciclo médio BMX Potência RR, M 6410 IPRO e NS 7200 IPRO, na segunda época de semeadura, em meados de novembro, Artur Nogueira-SP, safra 2017/2018.

Tratamentos	AACPD	Controle (%)	Desfolha (%)	PMG (g)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Lucro (R\$.ha <sup>-1</sup> )
1. Testemunha	1165,8 a*	0	71,8 a	157,0 b	3460,7 b	-
2. 0 L/ha - V3 + 1,0 L/ha - V6 (carbendazim & tebuconazole)	84,8 c	93	13,0 b	169,8 ab	3976,7 a	374,25
3. 0,6 L/ha - V3 + 0,6 L/ha - V6 (carbendazim & tebuconazole)	68,4 c	94	16,3 b	172,6 a	3855,6 ab	220,87
4. 0 L/ha - V3 + 1,0 L/ha - V6 (carbendazim & tebuconazole)	105,8 c	91	19,3 b	168,4 ab	3849,0 ab	209,89
5. 0 L/ha - V3 + 0,5 L/ha - V6 (piraclostrobina & epoxiconazole)	175,3 bc	85	22,2 b	166,2 ab	3818,7 ab	163,66
6. 0 L/ha - V3 + 0,15 L/ha - V6 (difenoconazole & propiconazole)	134,2 bc	89	17,7 b	166,6 ab	3694,3 ab	18,35
7. 0 L/ha - V3 + 0 L/ha - V6	281,3 b	76	23,3 b	166,4 ab	3630,1 ab	-29,13
DMS (5%)	166,82		15,85	13,32	469,67	
CV(%)	40,5		42,2	5,6	8,7	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $\leq 0,05$ ).

**Tabela 9** - Valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), controle da ferrugem asiática (%), desfolha (%), peso de mil grãos (PMG), produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>) e lucro (R\$.ha<sup>-1</sup>) nas cvs. de soja de ciclo tardio Desafio RR, NS7300 IPRO e M 7739 IPRO, na terceira época de semeadura, em meados de dezembro, Artur Nogueira-SP, safra 2017/2018.

Tratamentos	AACPD	Controle (%)	Desfolha (%)	PMG (g)	Produtividade (Kg.ha <sup>-1</sup> )	Lucro (R\$.ha <sup>-1</sup> )
1. Testemunha	1515,5 a	0	77,9 a	132,3b	2204,0 b	-
2. 0 L/ha - V3 + 1,0 L/ha - V6 (carbendazim & tebuconazole)	146,7 b	90	19,6 d	162,7 ab	3406,9 a	1372,77
3. 0,6 L/ha - V3 + 0,6 L/ha - V6 (carbendazim & tebuconazole)	105,2 b	93	12,7 e	163,9 ab	3182,8 a	1008,80
4. 0 L/ha - V3 + 1,0 L/ha - V6 (carbendazim & tebuconazole)	193,8 b	87	28,3 c	163,2 ab	3259,3 a	1088,36
5. 0 L/ha - V3 + 0,5 L/ha - V6 (piraclostrobina & epoxiconazole)	208,2 b	86	25,4 cd	166,7 a	2909,3 ab	625,93
6. 0 L/ha - V3 + 0,15 L/ha - V6 (difenoconazole & propiconazole)	240,5 b	84	23,3 cd	161,1 ab	3322,0 a	950,04
7. 0 L/ha - V3 + 0 L/ha - V6	423,6 b	72	41,2 b	161,3 ab	2983,6 ab	957,84
DMS (5%)	498,12		6,02	33,07	859,50	
CV(%)	86,1		72,6	14,6	19,8	

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $\leq 0,05$ ).

**Recebido em: 26/06/2021**

**Aprovado em: 09/09/2021**