

Método da folha destacada para avaliação da indução de resistência de produtos alternativos a *Phakopsora pachyrhizi*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani* em soja**Detached leaf method for evaluating resistance induction of alternative products in *Phakopsora pachyrhizi*, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani* in soybean**

DOI:10.34117/bjdv6n7-123

Recebimento dos originais: 03/06/2020

Aceitação para publicação: 07/07/2020

Gislaine Gabardo

Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa

Instituição: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Endereço: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Uvaranas, Ponta Grossa - CEP 84030-900, Ponta Grossa - PR, Brasil

E-mail: gislainegabardo2007@yahoo.com.br

Maristella Dalla Pria

Doutora em Fitopatologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Instituição: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Endereço: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Uvaranas, Ponta Grossa - CEP 84030-900, Ponta Grossa - PR, Brasil

E-mail: mdallapria@uol.com.br

Henrique Luis da Silva

Mestre em Fitotecnia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Instituição: IAPAR- Instituto Agrônomo do Paraná

Endereço: Rodovia do Café, km 496 (Av. Presidente Kennedy, s/nº)

Caixa Postal nº 129 – CEP 84001-970, Ponta Grossa - PR, Brasil

E-mail: hluissilva@gmail.com

Monica Gabrielle Harms

Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa

Instituição: Universidade Estadual de Ponta Grossa

Endereço: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Uvaranas, Ponta Grossa - CEP 84030-900, Ponta Grossa - PR, Brasil

E-mail: monicaharms@bol.com.br

RESUMO

O método da folha destacada apresenta as vantagens de economia de espaço, facilidade e exatidão das observações, menor risco de contaminações e uniformidade da unidade experimental. Esse método tem sido usado para testes rápidos de indução de resistência. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes produtos na indução de resistência em folhas de soja para *Phakopsora pachyrhizi*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani* pelo método da folha destacada modificado. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 7 (tratamentos) x 2 (aplicação ou não do produto em metade da mesma folha), com cinco repetições. Os tratamentos

foram: 1 – testemunha, água; 2 - acibenzolar-S-metilico; 3 - cálcio; 4 - micronutrientes: cobre, manganês e zinco; 5 -micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio; 6 - adubo NK e 7 -*Ascophyllum nodosum*. Não houve diferença dos tratamentos para *P. pachyrhizi* nos dois experimentos. Os micronutrientes manganês, zinco e molibdênio e a alga *A. nodosum* apresentam potencial de indução de resistência sistêmica a *S. sclerotiorum* em folhas de soja nos dois experimentos. Para *R. solani* destacaram-se os tratamentos com os micronutrientes: cobre, manganês e zinco e manganês, zinco e molibdênio, respectivamente, com redução da AACPD apenas no local onde foram aplicados nos dois experimentos.

Palavras chave: Controle alternativo, doenças, *Glicine max* (L) Merr.

ABSTRACT

The detached leaf method has the advantages of saving space, ease and accuracy of observations, less risk of contamination and uniformity of the experimental unit. This method has been used for rapid resistance induction tests. Thus, the objective of this work was to evaluate different products in the resistance induction in soybean leaves for *Phakopsora pachyrhizi*, *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani* using the modified detached leaf method. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 7 (treatments) x 2 (application or not of the product in half of the same leaf), with five replications. The treatments were: 1 - control, water; 2 - acibenzolar-S-methyl; 3 - calcium; 4 - micronutrients: copper, manganese and zinc; 5 -micronutrients: manganese, zinc and molybdenum; 6 - NK fertilizer and 7 -*Ascophyllum nodosum*. There was no difference in treatments for *P. pachyrhizi* in the two experiments. The micronutrients manganese, zinc and molybdenum and *A. nodosum* algae have the potential to induce systemic resistance to *S. sclerotiorum* in soybean leaves in two experiments. For *R. solani*, the procedures with micronutrients stood out: copper, manganese and zinc and manganese, zinc and molybdenum, respectively, with reduction of AACPD only in the place where they were used in two experiments.

Keywords: Alternative control, diseases, *Glicine max* (L) Merr.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é considerada um alimento completo, pois contém proteínas, gorduras, óleos, aminoácidos essenciais e metabólitos secundários, tais como isoflavonas e outras substâncias fenólicas, importantes antioxidantes naturais (Devi & Giridhar, 2015; Teixeira et al., 2020). É uma oleaginosa de grande importância econômica para o estado do Paraná, além de ser uma cultura em expansão, em todo território nacional. Segundo a CONAB (2020), a safra 2019/2020 de soja apresenta crescimento na área de 2,7% em relação à última temporada, continuando a tendência de aumento das últimas safras.

É a principal mercadoria do agronegócio brasileiro na atualidade (Santos & Campos, 2020). A produção nacional estimada em 122,1 milhões de toneladas, ganho de 6,1% em relação à safra 2018/2019 (CONAB, 2020). No entanto um dos principais limites impostos pelo ambiente é a suscetibilidade das plantas a inúmeras doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides. A cada ano a severidade de certas doenças vem aumentando devido à expansão da área agrícola e a utilização de cultivares com pouca variabilidade genética (Dita et al., 2006).

Os danos anuais de produção por doenças são estimados de 15 a 20% (Roese et al., 2001). Dentre as doenças, destacam-se a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.), o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), e a mela da soja (*Rhizoctonia solani* Kuhn) (Almeida et al., 2005). A ferrugem asiática, é uma das doenças mais severas que incide na cultura, com danos variando de 10 a 90% (Hikishima et al., 2010; Yorinori et al., 2005; Ogoshi et al., 2019). O mofo branco é uma doença de importância mundial, podendo causar danos superiores a 50% (Rollins et al., 2014). Já a *R. solani* pode ocasionar danos que podem variar de 31 a 60% (Chang et al., 2017; Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2018).

O método de controle de doenças mais utilizado na cultura é o químico, o que pode ocasionar danos ao ambiente, levando ao desequilíbrio ambiental e a seleção de populações do fungo resistentes aos fungicidas, além de elevar o custo de produção da cultura (Tupich et al., 2017; Gabardo et al., 2020). Outro fator agravante ao controle químico, é a grande dificuldade para o lançamento de novos moléculas e conseqüentemente novos produtos (Duhatschek, Santos & Faria, 2018).

Os processos produtivos adotados na agricultura vêm sofrendo pressão da sociedade para produção de alimentos de forma sustentável e sem resíduos, o que têm levado os pesquisadores a buscarem medidas alternativas para o controle de pragas e doenças (Silva et al., 2013; Pereira et al., 2017). O que torna imprescindível a intensificação de pesquisas que colaborem para a utilização de medidas alternativas.

Os produtos alternativos apresentam baixo impacto ambiental, o que torna seu uso no controle de doenças de plantas muito atrativo. Os produtos alternativos podem ativar os mecanismos de defesas das plantas, contribuindo para aumentar o espectro de controle das doenças na cultura (Lorenzetti et al., 2018).

O emprego da folha destacada é uma técnica simples e rápida para testar a reação de plantas a patógenos em condições de laboratório (Moraes & Salgado, 1982). A vantagem desta técnica é a economia de espaço, de inóculo, menor risco de contaminação, possibilidade de manipulação do ambiente e permite obter resultados semelhantes a campo (Twizeyimana et al., 2007).

Assim, o uso da técnica da folha destacada para testes rápidos de indução de resistência é uma alternativa simples e rápida. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a indução de resistência pelo método da folha destacada modificado aos fungos: *P. pachyrhizi*, *S. sclerotiorum* e *R. solani*; na cultivar de soja BMX Potência RR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Fitopatologia e na casa de vegetação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR. Foram realizados três experimentos, em

duas épocas (2014 e 2015), para analisar a indução de resistência sistêmica adquirida, utilizando *P. pachyrhizi*, *R. solani* (AG1-IA) e *S. sclerotiorum*. Foi utilizado o método da folha destacada de Reis & Kimati (1974), modificado.

O delineamento experimental para o experimento das folhas destacadas foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial de 7 (tratamentos) x 2 (aplicação ou não do produto em metade da mesma folha), com cinco repetições.

Os tratamentos foram os mesmos para os três experimentos: 1 - testemunha (água); 2 - acibenzolar-S-metílico (ASM) (Bion 500 WG[®]) (1 g p.c. L⁻¹); 3 - cálcio (Max Fruit[®]) (3,13 mL p.c. L⁻¹); 4 - micronutrientes: cobre, manganês e zinco (Wert Plus[®]) (3,13 mL p.c. L⁻¹); 5 - micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio (V6[®]) (3,13 mL p.c. L⁻¹); 6 - adubo NK (Hight Roots[®]) (3,13 mL p.c. L⁻¹) e 7 - *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis (Acadian[®]) (8 mL p.c. L⁻¹).

Em todos os experimentos foram utilizadas folhas de soja cultivar BMX Potencia RR, destacadas de plantas no estágio fenológico V3 (segundo trifólio aberto) (Ritchie et al., 1997), cultivadas em vasos na casa de vegetação. Depois de destacadas com o auxílio de tesoura desinfestada, as folhas foram levadas ao laboratório, onde metade da sua superfície superior foi pulverizada com borrifador (a outra metade da folha foi protegida por papel alumínio), até o ponto de molhamento foliar com os produtos, posteriormente foram acondicionadas em caixas gerbox (desinfestadas em hipoclorito de sódio a 25% do produto comercial Q-Boa) contendo 3 folhas de papel filtro (esterilizado) previamente umedecidas com 20 mL de água destilada e autoclavada. Duas lâminas de microscopia foram colocadas para evitar o contato direto da folha com o papel úmido e no pecíolo da folha foi colocado uma porção de algodão umedecido com água destilada e autoclavada.

Após 72 horas da aplicação dos produtos foi realizada a inoculação artificial dos patógenos (*P. pachyrhizi*, *S. sclerotiorum* e *R. solani*) na folha inteira. A reaplicação do produto ocorreu após 72 horas da inoculação dos patógenos na mesma metade da folha onde foi aplicado anteriormente, com a intenção de manter a folha “elicitada”.

Os urediniosporos de *P. pachyrhizi* foram obtidos diretamente de folhas de soja em campo, com os sintomas da ferrugem asiática, oriundas da fazenda escola pertencente a Universidade Estadual de Ponta Grossa. Os urediniosporos foram coletados, raspando-se levemente a superfície abaxial das folhas com pincéis de pêlo de camelo n^o 6, sobre folhas de papel vegetal.

A suspensão de esporos foi preparada com 1000 mL de água destilada esterilizada e 0,5% de tween 20, e padronizada em câmara de Neubauer para $0,9 \times 10^6$ uredosporos mL⁻¹ de água. Foi avaliada a severidade da doença em cada metade da folha, aos 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias após a inoculação (DAI) com auxílio da escala de Godoy, Koga & Canteri (2006).

A inoculação de *S. sclerotiorum* foi realizada com discos do micélio de 0,5 cm de diâmetro do fungo cultivados em BDA (batata-dextrose-ágar) incubados por sete dias, que foram colocados na nervura central da folha. Avaliou-se a severidade da doença em cada metade da folha separadamente aos 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15 DAI com auxílio da escala de Garcia & Juliatti (2012). A inoculação de *R. solani* foi similar à de *S. sclerotiorum* e a severidade da doença em cada metade da folha, foi determinada aos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 DAI com auxílio da escala de notas de 0 a 11 descrita por Horsfall & Barrat (1945).

As caixas gerbox com as folhas foram acondicionadas em câmara tipo BOD com temperatura de 24°C e fotoperíodo de 12 h, durante todo o experimento. Com os dados obtidos para a ferrugem asiática e mofo branco, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Shaner & Finney, 1977), pela equação descrita abaixo.

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [Y_{i+1} + Y_i/2] * [(T_{i+1} - T_i)]$$

Onde:

Y_i : severidade da doença na época de avaliação i ($i=1, n$)

Y_{i+1} : severidade da doença na época de avaliação $i + 1$

T_i : época da avaliação i , que considerou o número de dias após a emergência das plantas.

T_{i+1} : época da avaliação $i + 1$

n : número de observações

Com os dados obtidos pela escala de notas, referente a *R. solani*, calculou-se o “índice de doença”, proposto por McKinney (1923), pela equação abaixo:

$$ID (\%) = \sum \frac{(f * v)}{(n * x)} \times 100$$

Onde:

ID = índice de doença;

f = número de folhas com determinada nota;

v = grau de infecção (nota);

n = número total de folhas avaliadas;

x = valor numérico máximo da escala empregada (nota).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SASM-Agri (Sistema para a análise e separação de médias em experimentos agrícolas) (Canteri et al., 2001).

3 RESULTADOS

Os produtos alternativos testados para a ferrugem asiática não reduziram a AACPD da doença nos dois experimentos (Tabela 1). Não houve diferença entre as metades da folha (sem e com aplicação do produto), quanto na média da folha inteira, indicando não haver indução de resistência sistêmica adquirida dos produtos testados ao patógeno.

A AACPD obtida no primeiro experimento variou de 188,06 a 167,66 na testemunha e no tratamento com micronutrientes (manganês, zinco e molibdênio), respectivamente. Já em 2015 o valor máximo obtido foi de 190,00 no tratamento com acibenzolar-S-metilico e a menor AACPD foi obtida no tratamento com os micronutrientes (manganês, zinco e molibdênio) (Tabela 1).

Tabela 1- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) em folhas destacadas de soja sem aplicação, com aplicação e a média da folha inteira em função dos tratamentos realizados. Ponta Grossa/PR, 2014 e 2015.

Tratamentos	AACPD 2014		
	Sem aplicação	Com aplicação	Média folha inteira
1- Testemunha (água)	183,84 ns	188,06 ns	185,95 ns
2- Acibenzolar-S-metilico	168,36	168,80	168,58
3- Macro nutriente: cálcio	178,68	183,66	181,17
4- Micronutrientes: cobre, manganês e zinco	171,36	171,12	171,24
5- Micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio	167,66	168,94	168,30
6- Adubo NK	169,36	171,36	170,36
7- <i>Ascophyllum nodosum</i>	173,46	175,30	174,38
C.V. (%)	11,30	9,47	10,24
Tratamentos	AACPD 2015		
	Sem aplicação	Com aplicação	Média folha inteira
1- Testemunha (água)	178,99 ns	177,76 ns	178,37 ns
2- Acibenzolar-S-metilico	190,00	187,99	188,99
3- Macro nutriente: cálcio	189,55	189,11	189,33
4- Micronutrientes: cobre, manganês e zinco	179,36	173,82	176,59
5- Micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio	170,01	169,00	169,50
6- Adubo NK	179,36	175,52	177,44
7- <i>Ascophyllum nodosum</i>	176,32	174,90	175,61
C.V. (%)	12,00	8,95	10,32

ns = não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Para *S. sclerotiorum* (Tabela 2), no que se refere a aplicação ou não do produto, não houve diferença para a AACPD da doença entre os lados sem e com aplicação do produto, indicando ser sistêmico o produto testado, houve diferença entre os produtos testados (Tabela 2).

No primeiro e no segundo experimento, a AACPD da folha inteira para o tratamento com ASM foi semelhante à testemunha e os tratamentos com macronutriente (cálcio), micronutrientes (cobre, manganês e zinco) e o adubo NK foram intermediários. Os menores valores de AACPD foram observados nos tratamentos com micronutrientes (manganês, zinco e molibdênio) e com *A. nodosum* 518,00 e 486,20 no primeiro experimento e 484,07 e 398,48 no segundo experimento, respectivamente (Tabela 2).

Ocorreu diferença estatística nos dois experimentos para a AACPD de *R. solani*, na parte da folha em que foi aplicado os produtos (Tabela 3). Tanto no primeiro quanto no segundo experimento os tratamentos com micronutrientes: cobre, manganês e zinco e o tratamento com micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio, o apresentaram redução significativa da AACPD de *R. solani* (Tabela 3). A redução foi de 12.71 e 25.45 no primeiro experimento e 10.69 e 12.69 no segundo experimento, respectivamente.

Tabela 2- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de *Sclerotinia sclerotiorum* em folhas destacadas de soja sem aplicação, com aplicação e a média da folha inteira em função dos tratamentos realizados. Ponta Grossa/PR. 2014 e 2015.

Tratamentos	AACPD 2014		
	Sem aplicação	Com aplicação	Média folha inteira
1- Testemunha (água)	1036,00 aA*	1031,20 aA	1033,60 a
2- Acibenzolar-S-metílico	891,20 bA	917,20 aA	904,20 a
3- Macro nutriente: cálcio	654,00 cA	662,80 bA	658,40 b
4- Micronutrientes: cobre, manganês e zinco	710,80 cA	696,40 bA	703,60 b
5- Micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio	543,60 dA	492,40 cA	518,00 c
6- Adubo NK	700,00 cA	644,00 bA	672,00 b
7- <i>Ascophyllum nodosum</i>	480,00 dA	492,40 cA	486,20 c
C.V. (%)	13,34	10,02	9,53
Tratamentos	AACPD 2015		
	Sem aplicação	Com aplicação	Média folha inteira
1- Testemunha (água)	1048,64 aA*	1039,98 aA	1044,31 a
2- Acibenzolar-S-metílico	981,99 aA	997,20 aA	989,60 a
3- Macro nutriente: cálcio	627,00 cA	650,11 bA	638,56 b
4- Micronutrientes: cobre, manganês e zinco	700,00 cA	688,99 bA	694,50 b
5- Micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio	497,87 dA	470,27 cA	484,07 c
6- Adubo NK	692,20 cA	677,41 bA	684,80 b
7- <i>Ascophyllum nodosum</i>	400,76 dA	396,21 cA	398,48 c
C.V. (%)	12,01	11,44	9,98

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Não há diferença estatística em relação a parte da folha em que foi e a que não foi aplicado o produto nos dois experimentos (Tabela 3), confirmando que não ocorreu efeito sistêmico. Os valores obtidos para a AACPD da folha inteira variaram de 40,27 a 48,86 no primeiro experimento e de 52,71 a 46,93, no segundo experimento. Não houve diferença estatística para a média da AACPD da doença da folha inteira, em ambos os experimentos.

Tabela 3- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de *Rhizoctonia solani* em folhas destacadas de soja sem aplicação, com aplicação e a média da folha inteira em função dos tratamentos realizados. Ponta Grossa/PR. 2014 e 2015.

Tratamento	AACPD 2014		
	Sem aplicação	Com aplicação	Média folha inteira
1- Testemunha (água)	49,09 nsA	47,90 a*A	48,50 ns
2- Acibenzolar-S-metílico	48,00 A	49,72aA	48,86
3- Macro nutriente: cálcio	48,36 A	48,22 aA	48,29
4- Micronutrientes: cobre, manganês e zinco	46,13 A	41,81 bA	43,97
5- Micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio	44,83 A	35,71 bA	40,27
6- Adubo NK	47,73 A	44,00 aA	45,86
7- <i>Ascophyllum nodosum</i>	46,73 A	48,54 aA	47,64
C.V. (%)	13,20	11,94	11,64
Tratamento	AACPD 2015		
	Sem aplicação	Com aplicação	Média folha inteira
1- Testemunha (água)	53,00 nsA	52,41 a*A	52,71 ns
2- Acibenzolar-S-metílico	50,03 A	49,00 aA	49,52
3- Macro nutriente: cálcio	51,36 A	51,44 aA	51,40
4- Micronutrientes: cobre, manganês e zinco	49,27 A	46,81 bA	48,04
5- Micronutrientes: manganês, zinco e molibdênio	48,11 A	45,76 bA	46,93
6- Adubo NK	51,90 A	49,99 aA	50,94
7- <i>Ascophyllum nodosum</i>	52,24 A	51,83 aA	52,06
C.V. (%)	14,55	10,21	9,97

*Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

4 DISCUSSÃO

A aplicação de ASM no presente trabalho, não proporcionou redução da AACPD da ferrugem asiática nos dois experimentos (Tabela 1). Da mesma forma, Carvalho et al. (2013) e Silva et al. (2013) não obtiveram sucesso na proteção contra a ferrugem asiática em experimento no campo com o mesmo indutor.

Em outros estudos são destacados os efeitos positivos (Dallagnol et al., 2006; Silva et al., 2013). Mackenzie (2001) salienta que a utilização do indutor ASM quando incluído como parte integral do programa de manejo de culturas, não melhorou apenas o controle de doenças, mas evitou danos a produtividade e diminui os níveis de doenças na pós-colheita.

O ASM é um composto sintético, análogo funcional do ácido salicílico, que atua como um indutor de resistência, aumenta a velocidade de resposta da planta, ativando mecanismos de prevenção contra o ataque de determinados patógenos (Sharma & Bhardwaj, 2014). Essa indução de resistência é baseada principalmente na ativação de genes cuja expressão resulta na produção de proteínas tais como peroxidases, glucanases e quitinases, bem como na produção de fitoalexinas e modificações na parede celular pela lignificação, conferindo resistência ao ataque de fitopatógenos (Wróbel-Kwiatkowska et al., 2004).

A aplicação da alga (*A. nodosum*) não reduziu a AACPD da doença nos dois experimentos (Tabela 1). Carvalho et al. (2013) observaram que a aplicação foliar de *A. nodosum* em campo não evitaram queda na produtividade da cultura da soja e que usada isoladamente não protegeu a cultura contra a ferrugem asiática.

A espécie *A. nodosum* é considerada uma fonte natural de fitohormônios que afetam o metabolismo celular e conseqüentemente proporcionam o incremento do desenvolvimento vegetal (Craigie, 2011). Segundo Dapper et al. (2013), as principais aplicações das algas marinhas na agricultura são o controle direto de fitopatógenos pela atividade antimicrobiana dos extratos, indução de mecanismos de defesa vegetal e promoção do crescimento da planta. A aplicação do extrato pode ser realizada de diversas maneiras, sendo que no tratamento de sementes possui a vantagem de aumentar a taxa de germinação e proporcionar um maior desenvolvimento das plântulas (Rayorath et al., 2008), inclusive de soja (Carvalho et al., 2013).

A aplicação de macro e micronutrientes não reduziram a AACPD da ferrugem, tanto no lado com quanto no sem aplicação e na média da folha inteira (Tabela 1). Já Silva et al. (2013) e da Silva Neves & Blum (2014), obtiveram redução da severidade da doença aplicando o macronutriente potássio. De acordo com Bettiol e Astiarraga (1998), os nutrientes exercem valiosas funções no metabolismo das plantas. A nutrição mineral pode tanto interferir na anatomia, quanto na composição química das plantas, com interferência direta na resistência de plantas a patógenos (Zambolim & Ventura, 2016).

Com relação a *S. sclerotiorum* (Tabela 2), o tratamento com ASM foi equivalente a testemunha e os demais produtos alternativos reduziram a AACPD tanto no lado com aplicação quanto no lado da folha onde o produto não foi aplicado, indicando haver uma indução de resistência sistêmica adquirida ao patógeno. Os tratamentos que apresentaram as menores médias da AACPD da doença, tanto em 2014 quanto em 2015 foram os micronutrientes (manganês, zinco e molibdênio) e a alga (*A. nodosum*).

O micronutriente manganês é requerido na biossíntese da lignina, compostos fenólicos solúveis e flavonóides; e inibe a enzima aminopeptidase que é responsável pelo suprimento de

aminoácidos para o crescimento fúngico. O manganês é um elemento importante no auxílio ao controle de doenças de plantas (Zambolim & Ventura, 2016). Bruzamarello et al. (2018) verificaram que o fosfito de manganês possui a capacidade de redução da intensidade da ferrugem na soja, pela indução da transcrição de genes de defesa, como a FAL e o β -1,3 glucanase.

O zinco é um elemento que atua diretamente sobre o patógeno. A deficiência desse mineral acarreta perda da integridade da membrana plasmática, aumentando, por conseguinte, a suscetibilidade a doenças fúngicas (Zambolim & Ventura, 2016). Duffy & Défago (1997) verificaram que o acréscimo de zinco incrementou a atividade de *P. fluorescens* no controle de *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Carvalho et al. (2008), utilizaram de sulfato de zinco (0,6 % 0,75 %) em pulverizações foliares na cultura do café e obtiveram menor severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.)

Existem poucos relatos da associação do molibdênio com doenças de plantas. Entretanto, Dutta & Bremmer (1981) demonstraram que a aplicação de molibdênio em raízes de tomate reduziu os sintomas de murcha causada por *Verticillium*. No entanto, não se sabe ao certo se o molibdênio dentro da planta hospedeira exerce efeito na proteção das plantas contra a infecção de patógenos; sabe-se que as enzimas nitrogenase e redutase do nitrato requerem molibdênio para sua atuação (Lopes et al., 2014).

Com relação a alga, Subramanian et al. (2011) relatam que o potencial de indução de resistência sistêmica induzida da alga (*A. nodosum*) está relacionado ao aumento da expressão de genes ligados a rota do ácido jasmônico. Além disso, os autores verificaram que o extrato da alga foi capaz de proteger *Arabidopsis thaliana* L. contra o fungo necrotrófico *S. sclerotiorum*. O presente trabalho confirma ocorrer o mesmo em soja.

Jayaraman, Norrie & Punja (2011), utilizaram o extrato da alga em plantas de pepino e obtiveram menor incidência das doenças causadas por *Didmella applanata* (Niessi), *Fusarium oxysporum* (Schlechtend) e *Botrytis cinérea* (Pers. : Fr.), e exibiram acréscimo da atividade de enzimas relacionadas a defesa vegetal (quitinase, peroxidase, polifenol oxidase e lipoxigenase), concluindo que a menor incidências das doenças está relacionado a ativação de genes ou aumento da atividade de enzimas de defesa da planta induzidas pelo extrato. Ranjan et al. (2018) concluíram que o desenvolvimento patogênico de *S. sclerotiorum* está relacionado a indução de espécies ativas de oxigênio e morte celular, levando ao estabelecimento da doença.

No que se refere ao fungo *R. solani*, o tratamento com os micronutrientes: cobre, manganês e zinco e manganês, zinco e molibdênio, reduziram a AACPD da doença no local onde o produto foi aplicado. Porém na mesma folha, onde o produto foi aplicado, não houve diferença, indicando sua

ação ser local. Os demais tratamentos não diferiram da testemunha, tanto no lado em que foi aplicado quanto no lado sem aplicação, quanto na média da folha inteira nos dois experimentos (Tabela 3).

Thongbai et al. (1993) observaram relação inversa da nutrição com Zn com a severidade de podridão de raiz *R. solani* Kühn AG8 em cereais. Houve uma diminuição na área de área livre de *R. solani* à medida que a taxa de Zn aumentou. Os autores concluíram que a aplicação de zinco reduziu a severidade da doença. Corroborando com o presente experimento, pois o tratamento que reduzia a severidade da doença, continha zinco em sua composição (Tabela 3).

Os micronutrientes têm sido apontados como um dos principais elementos minerais associados a indução de resistência à doenças em plantas. A deficiência, excesso ou desequilíbrio nas combinações de elementos nutricionais, pode influenciar a reação das plantas à infecção por patógeno de forma a aumentar o nível de defesa ou favorecer a ocorrência de doenças.

O tratamento com o adubo NK foi equivalente a testemunha nos dois experimentos (Tabela 3). O excesso de nitrogênio pode favorecer doenças fúngicas, principalmente nos casos onde P e K estiverem em baixos níveis. A alta concentração de nitrogênio reduz a produção de compostos fenólicos (Fungistáticos) e de lignina nas folhas, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios, mas não aos facultativos (Tutida et al., 2007). Já o potássio é o elemento que apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças, devido a resistência mecânica dos tecidos (Guimarães et al., 2010).

Diferenças na severidade da ferrugem asiática foram observadas em lavouras de soja que apresentaram distribuição desuniforme de adubo potássico (Zancanaro 2004), e Sanogo e Yang (2001) observaram que a aplicação de KCL resultou em decréscimo de 36% na incidência de *Fusarium solani* (causador da síndrome da morte súbita, em comparação com a soja sem tratamento com K. Já Basseto, Ceresini & Valério filho (2007), na cultura da soja verificaram que o incremento de K no solo não resultou no controle da mela da soja. No entanto, no presente trabalho o tratamento com adubo NK não afetou a severidade de *R. solani*.

5 CONCLUSÃO

Os produtos testados não tiveram efeito sobre a *P. pachyrhizi* em folhas de soja, nos dois experimentos.

Os micronutrientes manganês, zinco e molibdênio e a alga *A. nodosum* apresentam potencial de indução de resistência sistêmica a *S. sclerotiorum* em folhas de soja nos dois experimentos.

Os micronutrientes cobre, manganês e zinco e manganês, zinco e molibdênio, respectivamente apresentam redução da AACPD de *R. solani* apenas no local onde foram aplicados.

REFERENCIAS

- Almeida, A. M. R., Perreira, L. P., Yorinori, J. T., Silva, J. F. V. & Henning, A. A. Doenças da soja. In: Kimati, H., Amorim, L., Bergamim Filho, A., Camargo, L. E. A. & Rezende, J. A. M. (Eds.). Manual de Fitopatologia. Vol. 2: Doenças de plantas cultivadas. São Paulo. Agronômica Ceres. 2005. cap. 64, p. 642-664.
- Ajayi-Oyetunde, O. O. & Bradley, C. A. (2018). *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant pathology*, 67(1), 3-17. <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>
- Basseto, M. A., Ceresini, P. C. & Valério Filho, W. V. (2007). Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. *Summa Phytopathologica*, 33(1), 56-62. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000100008>
- Bettiol, W. & Astiarraga, B. D. (1998). Controle de *Sphaerotheca fuliginea* em abobrinha com resíduo da fermentação glutâmica do melão e produto lácteo fermentado. *Embrapa Meio Ambiente- Artigo em periódico indexado (ALICE)*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.23, n. 4, p.431-435. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/13073>
- Bruzamarello, J., Franceschi, V. T., Dalacosta, N. L., Gonçalves, I., Mazaro, S. M. & Reis, E. (2018). Potencial de fosfitos na indução da resistência em plantas de soja. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, 27(3), 263-273. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p263-273>
- Canteri, M. G., Althaus, R., Virgens Filho, J., Giglioti, E. A. & Godoy, C. V. (2001). SASM Agri: Sistema para Análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scot – Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, 1(2), 18-24. 2001. http://www.agrocomputacao.deinfo.uepg.br/dezembro_2001/Arquivos/RBAC_Artigo_03.pdf
- Carvalho, B. O., Oliveira, J. A., Carvalho, E. R., Andrade, V. D., Ferreira, T. F. & Reis, L. V. (2013). Action of defense activator and foliar fungicide on the control of Asiatic rust and on yield and quality of soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 35(2), 198-206. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200009>
- Carvalho, V. L. D., Cunha, R. L. D., Guimarães, P. T. G. & Carvalho, J. P. F. (2008). Influência do zinco na incidência de doenças do cafeeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(3), 804-808. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000300015>
- Chang, K. F., Hwang, S. F., Ahmed, H. U., Strelkov, S. E., Harding, M. W., Conner, R. L. & Turnbull, G. D. (2017). Disease reaction to *Rhizoctonia solani* and yield losses in soybean. *Canadian journal of plant science*, 98(1), 115-124. <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0053>
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos. 7º Levantamento - Safra 2019/20. Disponível em: <file:///C:/Users/hluis/Downloads/GrosZabrilZresumoZ2020-4.pdf>. Acesso em 29 abr. 2020.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371-393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- da Silva Neves, J. & Blum, L. E. B. (2014). Influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja. *Revista Caatinga*, 27(1), 75-82. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2720>

Dallagnol, L. J., Navarini, L., Ugalde, M. G., Balardin, R. S. & Catelam, R. (2006). Use of Acibenzolar-S-Methyl to control foliar diseases of soybean. *Summa Phytopathologica*, 32(3). DOI: 10.1590/S0100-54052006000300007

Dapper, T. B., Pujarra, S., de Oliveira, A. J., de Oliveira, F. G., & Paulert, R. (2014). < b>Potencialidades das Macroalgas Marinhas na Agricultura: Revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 7(2). <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2891>

Devi, M. A., & Giridhar, P. (2015). Variations in physiological response, lipid peroxidation, antioxidant enzyme activities, proline and isoflavones content in soybean varieties subjected to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85(1), 35-44. <https://doi.org/10.1007/s40011-013-0244-0>

Dita MA, Rispaill N, Prats E, Rubiales D, Singh KB (2006) Biotechnology approaches to overcome biotic and abiotic stress constraints in legumes. *Euphytica* 147:1-24. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-6156-9>

Duhatschek, E., Santos, L. A. & Faria, C. M. D. R. (2018). Sensibilidade de isolados de *Phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do Paraná a fungicidas. *Summa Phytopathologica*, 44(2), 193-194. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/175840>

Duffy, B. K. & Défago, G. (1997). Zinc improves biocontrol of Fusarium crown and root rot of tomato by *Pseudomonas fluorescens* and represses the production of pathogen metabolites inhibitory to bacterial antibiotic biosynthesis. *Phytopathology*, 87(12), 1250-1257. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.12.1250>

Dutta, B., & Bremner, E. (1981). Trace elements as plant chemotherapeutants to control Verticillium wilt / Spurenelemente als Pflanzenchemotherapeutika zur Bekämpfung von Verticillium-Welke. *Zeitschrift Für Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz / Journal of Plant Diseases and Protection*, 88(7), 405-412. Retrieved June 3, 2020, from www.jstor.org/stable/43214875

Gabardo, G., Dalla Pria, M., Carneiro, D. E. & Barbosa, E. A. A. (2020). Respostas fisiológicas das cultivares de soja NA5909 e TMG7062 submetidas a diferentes produtos para controle de doenças fúngicas em campo/Physiological responses of soybean cultivars NA5909 and TMG7062 subjected to different products for fungal disease control in the field. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 15673-15689. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-444>

Garcia, R. A. & Juliatti, F. C. (2012). Avaliação da resistência da soja a *Sclerotinia sclerotiorum* em diferentes estádios fenológicos e períodos de exposição ao inóculo. *Tropical Plant Pathology*, 37(3), 196-203. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762012000300006>

Godoy, C. V., Koga, L. J. & Canteri, M. G. (2006). Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, 31(1), 63-68. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000100011>

Guimarães, L. M. P., Pedrosa, E. M. R., Coelho, R. S. B., Couto, E. F., Maranhão, S. R. V. L., & Chaves, A. (2010). Eficiência e atividade enzimática elicitada por metil jasmonato e silicato de potássio em cana-de-açúcar parasitada por *Meloidogyne incognita*. *Summa Phytopathologica*, 36(1), 11-15. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052010000100001>

Hikishima, M., Canteri, M. G., Godoy, C. V., Koga, L. J. & Silva, A. J. D. (2010). Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem

asiática da soja. *Tropical Plant Pathology*, 35(2), 96-103. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762010000200004>

Horsfall, J. G. & Barrat, R. W. (1945). An improved grading system for measuring plant diseases. *Phytopathology*, 35, 655.

Jayaraman, J., Norrie, J. & Punja, Z. K. (2011). Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 353-361. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9547-1>

Lorenzetti, E., Stangarlin, J. R., Kuhn, O. J., & Portz, R. L. (2018). Indução de resistência à *Macrophomina phaseolina* em soja tratada com extrato de alecrim. *Summa Phytopathologica*, 44, 45-50. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/176895>

Lopes, J. F., Coelho, F. C., Rangel, O. J. P., Rabello, W. S., Gravina, G. D. A. & Vieira, H. D. (2014). Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. *Revista Ceres*, 61(2), 234-240. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200011>

Mckenzie, D. (2001). The development of Acibenzolar-S-Methyl (ASM) for use in crop management. *Fitopatologia Brasileira*, 26, 256-256. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052006000300007>

Mckinney, H. H. (1923). Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 26, p.195-217. 1923. <https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43967086/PDF>

Moraes, S. D. A. & Salgado, C. L. (1982). Utilização da técnica de folhas destacadas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) para inoculações com *Cercospora arachidicola* Hori e *Cercospora personata* (Bert. & Curt.) Ell. & Ev. *Summa Phytopathologica*, 8, 39-55. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=9380806>

Ogoshi, C., Zanon, A. J., Junior, D. F. U., Bittecourt, C. R. C., da Rosa Ulguim, A. & Carlos, F. S. (2019). Progresso temporal da ferrugem asiática em função de épocas de semeadura e de cultivares de soja em terras baixas/Temporal progress of asian soybean rust in function of sowing dates and soybean cultivars in lowlands rice-growing region. *Brazilian Journal of Development*, 5(9), 17102-17114. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-231>

Pereira, C. S., Rempel, D., Sinhorin, A. P., Fernandes, H. & Fiorini, I. V. (2017). Aplicação de extrato etanólico de própolis em doenças da cultura da soja. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(4), 180-189. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17029>

Ranjan, A., Jayaraman, D., Grau, C., Hill, J. H., Whitham, S. A., Ané, J. M. & Kabbage, M. (2018). The pathogenic development of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean requires specific host NADPH oxidases. *Molecular plant pathology*, 19(3), 700-714. <https://doi.org/10.1111/mpp.12555>

Rayorath, P., Jithesh, M. N., Farid, A., Khan, W., Palanisamy, R., Hankins, S. D. & Prithiviraj, B. (2008). Rapid bioassays to evaluate the plant growth promoting activity of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. using a model plant, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Journal of applied phycology*, 20(4), 423-429. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9280-6>

Reis, E. M. & Kimati, H. Cultivo de folhas de soja (*Glycine max* (L.) Merr. destacadas, para testes fitopatológicos. In: reunião conjunta de pesquisa, resumo, Porto Alegre. Porto Alegre, 1974. p. 140

- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., Thompson, H. E. & Benson, G. O. (1997). How a soybean plant develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology. 20p. (Special Report, 53).
- Roese, A. D., Romani, R. D., Furlanetto, C., Tangarlin, J. R. & Portz, R. L. (2001). Levantamento de doenças na cultura da soja, *Glycine max* (L.) Merrill, em municípios da região Oeste do Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 23, 1293-1297. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v23i0.2599>
- Rollins, J. A., Cuomo, C. A., Dickman, M. B. & Kohn, L. M. (2014). Genomics of *Sclerotinia sclerotiorum*. In *Genomics of Plant-Associated Fungi and Oomycetes: Dicot Pathogens* (pp. 1-17). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44056-8_1
- Santos, F. dos, & Campos, C. S. S. (2020). O avanço da sojicultura no nordeste brasileiro: reflexões iniciais sobre a região da SEALBA. *Diversitas Journal*, 5(1), 203-220. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i1-1032>
- Sharma, A. & Bhardwaj, R. D. (2014) Effect of seed pre-treatment with varying concentrations of salicylic acid on antioxidant response of wheat seedlings. *Indian Journal of Plant Physiology*, vol. 19, n. 3, p. 205-209. <https://doi.org/10.1007/s40502-014-0100-0>
- Shaner, G. & Finney, R. E. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67(8), 1051-1056. DOI: 10.1094/Phyto-67-1051
- Silva, O. C., Santos, H. A., Deschamps, C., Dalla Pria, M. & May De Mio, L. L. (2013). Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. *Tropical Plant Pathology*, 38(1), 72-77. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013000100012>
- Sanogo, S. & Yang, XB (2001). Relação do teor de areia, pH e nutrição de potássio e fósforo com o desenvolvimento da síndrome da morte súbita na soja. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23 (2), 174-180. <https://doi.org/10.1080/07060660109506927>
- Subramanian, S., Sangha, J. S., Gray, B. A., Singh, R. P., Hiltz, D., Critchley, A. T. & Prithviraj, B. (2011). Extracts of the marine brown macroalga, *Ascophyllum nodosum*, induce jasmonic acid dependent systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 and *Sclerotinia sclerotiorum*. *European journal of plant pathology*, 131(2), 237-248. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9802-6>
- Teixeira, J. J., Conrado, R., Gonçalves, L., de Carvalho, P. L., Sato, H. H., de Castro, R. J. & de AF Angelotti, J. (2020). Improvement of antioxidant and antimicrobial activity of soy isoflavones extracts bioconverted with β -glucosidase/Melhoria da atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos de isoflavonas de soja bioconvertidos com β -glucosidase. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 4303-4308. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-306>
- Thongbai, P., Hannam, R. J., Graham, R. D. & Webb, M. J. (1993). Interaction between zinc nutritional status of cereals and Rhizoctonia root rot severity. *Plant and soil*, 153(2), 207-214. <https://doi.org/10.1007/BF00012993>
- Tupich, F. L. B., Fantin, L. H., Silva, A. L. D. & Canteri, M. G. (2017). Impacto do controle do mofobranco com fluazinam na produtividade da soja no Sul do Paraná: metanálise. *Summa Phytopathologica*, 43(2), 145-150. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/168479>

Tutida, I., Mio, M. D., Larissa, L., Motta, A. C. V., & Rosa, J. M. C. D. (2007). Incidência e severidade do " furo de bala" em folhas da ameixeira sob doses de nitrogênio e potássio. *Ciência Rural*, 37(5), 1227-1234. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000500002>

Twizeyimana, M., Ojiambo, P. S., Ikotun, T., Paul, C., Hartman, G. L. & Bandyopadhyay, R. (2007). Comparison of field, greenhouse, and detached-leaf evaluations of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Disease*, 91(9), 1161-1169. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-9-1161>

Zambolim, L. & Ventura, J. A. (2016). Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral de plantas. <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2360/1/BRT-resistenciaadoencasinduzidapelanutricao mineral das plantas-Emcapa.pdf>

Zancanaro, L. *Nutrição e adubação*. Rondonópolis: Fundação MT, 2004. p.178-216.

Wróbel-Kwiatkowska, M.; Starzychi, M.; Oszmianski, J.; Kepczynska, E. & Szopa, J. (2004) - Expression of β -1,3-glucanase in flax causes increased resistance to fungi. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, vol. 65, n. 5, p. 245-256. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2005.02.008>

Yorinori, J. T., Paiva, W. M., Frederick, R. D., Costamilan, L. M., Bertagnolli, P. F., Hartman, G. E., Godoy, C. V. & Nunes Jr, J. (2005). Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease*, 89(6), 675-677. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0675>