

# AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO DE DEFESA EM SOJA CONTRA *Phakopsora pachyrhizi* EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

## Evaluation of soybean defense activation against *Phakopsora pachyrhizi* in controlled conditions

Rosana Ceolin Meneghetti<sup>1</sup>, Ricardo Silveiro Balardin<sup>2</sup>, Gerson Dalla Corte<sup>2</sup>, Diego Dalla Favera<sup>2</sup>, Daniel Debona<sup>3</sup>

### RESUMO

A efetividade da ativação de defesa em diferentes cultivares de soja contra *Phakopsora pachyrhizi* proporcionada pelo fosfito, bem como sua associação com fungicidas aplicados em diferentes épocas em relação à inoculação com o patógeno, foi estudada em condições de casa-de-vegetação em dois ensaios conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados obtidos indicaram que o fosfito não foi capaz de induzir a expressão dos mecanismos de defesa, uma vez que não foi observada qualquer redução na severidade, número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, e na Área Abaixo da Curva de Progresso de Doença (AACPD), por conta da aplicação do produto. O progresso da ferrugem foi mais lento na cultivar Fundacep 55 RR, que teve uma AACPD 53% menor do que a cultivar Fundacep 56 RR, a mais suscetível. O fungicida epoxiconazol + piraclostrobina proporcionou uma redução na AACPD de 29%, quando comparado ao emprego do triazol isolado na média das épocas de aplicação. As aplicações mais próximas da inoculação e preventivas foram mais efetivas do que aquelas realizadas de forma muito precoce ou muito tardia em relação à infecção das plantas pelo patógeno. Os resultados indicaram que o fosfito não induziu resistência em soja contra *P. pachyrhizi*, e que houve variação na resistência parcial à ferrugem por parte das cultivares e na efetividade dos fungicidas entre si e quanto ao momento em que os mesmos são aplicados.

**Termos para indexação:** Indução de resistência, resistência parcial, cultivares de soja, ferrugem asiática, fungicidas.

### ABSTRACT

The effectiveness of defense activation in different soybean cultivars against *P. pachyrhizi* promoted by phosphite, as well as its association with fungicides in different timing of application in relation to pathogen inoculation, was studied in greenhouse conditions in two assays carried out in completely randomized design, with four replications. The results shown that phosphite was unable to induce defense, because no reduction of severity, pustules.cm<sup>-2</sup> number, and Area Under Progress Disease Curve (AUPDC) were observed after the application of the product. The progress of rust was slower in the cultivar Fundacep 55 RR, which had a AUPDC 53% lower than cultivar Fundacep 56 RR, the most susceptible one. The fungicide epoxiconazole + pyraclostrobin reduced 29% the AUPDC value when compared to isolated triazol use, considering average timing application. Applications nearer to inoculation and preventive fungicide application were more effective than those done earlier or later in relation to plant infection by the pathogen. The data indicated that phosphite does not induce soybean resistance against *P. pachyrhizi*, and that there was variation on partial resistance of cultivars and on the effectiveness of fungicides between themselves and in relation to their application timing.

**Index terms:** Resistance induction, partial resistance, soybean cultivars, Asian rust, fungicides.

(Recebido em 11 de setembro de 2008 e aprovado em 19 de março de 2009)

### INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática é uma das mais importantes doenças da cultura da soja, podendo comprometer a sua produtividade em diversas regiões do planeta. Desde sua primeira ocorrência de maneira significativa no Brasil, em 2001, até a safra 2006/2007, custos superiores a US\$ 10 bilhões têm sido atribuídos à incidência da doença (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, 2008). Diversos fatores, tais como incredulidade do agricultor, monitoramento inadequado, erro na aplicação e controle tardio têm contribuído para agravar esse cenário.

Somente na safra 2006/2007, mais de 2,6 milhões de toneladas de soja (cerca de 4,5% da produção brasileira) foram perdidas devido à presença da ferrugem em nosso país (Embrapa, 2008). Apesar dos esforços empreendidos na busca de novas fontes de resistência ao fungo, a obtenção de cultivares resistentes tem sido dificultada em virtude da elevada variabilidade que o mesmo apresenta, fazendo com que seu controle seja realizado quase que exclusivamente pelo emprego de fungicidas, tendo praticamente inviabilizado o cultivo de soja em alguns locais do país. Todos esses fatores apontam para a necessidade do desenvolvimento de novas estratégias de

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Departamento de Defesa Fitossanitária – Cx. P. 5025 – 97111-970 – Santa Maria, RS – rosanameneghetti@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria/UFSM – Departamento de Defesa Fitossanitária – Santa Maria, RS

<sup>3</sup>Universidade federal de Viçosa/UFV – Departamento de Fitopatologia – Viçosa, MG

controle que venham a se somar àquelas utilizadas atualmente.

Um dos métodos potenciais no controle de doenças é a indução de resistência, que se caracteriza pela ativação dos mecanismos de defesa inerentes da planta. Essa, após ser submetida ao tratamento com uma substância ou organismo indutor, é capaz de expressar respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que limitam a atividade do patógeno em seus tecidos, porém sem afetar a germinação do esporo e a formação do apressório (Agrios, 2005).

Entre os compostos capazes de induzir resistência estão os sais de fósforo, cuja efetividade tem sido demonstrada contra diversos patógenos. Além de sua aplicação isolada, a associação de tais compostos com fungicidas tem-se apresentado como uma alternativa muito eficaz no manejo de doenças, em virtude de ocorrer efeito aditivo ou sinérgico quando esses químicos são utilizados de forma conjunta. Experimentos realizados em duas safras com macieira concluíram que a alternância de 6 aplicações de fungicidas e 5 aplicações de fosfatos no controle de oídio foi tão efetiva quanto 11 aplicações do tratamento comercial com fungicidas inibidores da síntese do esterol (Reuveni et al., 1998b). O controle de oídio obtido com fosfato monopotássico (MKP) aplicado em alternância com um fungicida inibidor da síntese do esterol, ou misturado com metade da dose deste, foi similar, e em alguns casos superior, àquele obtido com os fungicidas comerciais, sugerindo um possível sinergismo entre os compostos (Reuveni et al., 1998b). Trabalhos desenvolvidos com manga visando o controle de oídio apresentaram redução de 50% no número de aplicações ou na dose do fungicida com a inclusão de MKP, sem prejuízo ao controle da doença, oferecendo uma alternativa ambientalmente sustentável no controle da mesma, além de reduzir o desenvolvimento de populações resistentes em virtude de o mecanismo de ação do MKP, provavelmente, diferir daquele dos fungicidas comumente utilizados para controlar a doença (Reuveni et al., 1998a). De maneira similar, a aplicação de ácido fosforoso combinada com dose reduzida de metalaxyl apresentou efeito aditivo no controle de *Sclerospora graminicola* em milho e no rendimento de grãos, quando comparado ao emprego do fungicida sozinho na dose recomendada (Chaluvaraju et al., 2004).

Produtos que ativem os mecanismos de defesa vegetal ou que beneficiem a ação de fungicidas devem ser estudados, uma vez que os mesmos podem propiciar um manejo mais eficiente e econômico da ferrugem asiática da soja. Objetivou-se, no presente trabalho: i) determinar a habilidade do fosfito em induzir resistência em plantas de soja contra *P. pachyrhizi*; ii) avaliar se existe variação nessa

resposta quanto à resistência parcial das cultivares de soja; iii) examinar possíveis efeitos sinérgicos entre o provável indutor e fungicidas, otimizando o momento de aplicação em relação à inoculação com o patógeno.

## MATERIALE MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos em casa-de-vegetação localizada no município de Itaara, região central do Rio Grande do Sul.

O primeiro ensaio teve o propósito de avaliar a resposta de cultivares de soja quanto à atividade elicitora e/ou fungicida do fosfito. Para tanto, dez cultivares foram examinadas: Fundacep 55 RR, Fundacep 56 RR, BRS 243 RR, BRS 255 RR, Coodetec 214 RR, Coodetec 219 RR, Nidera 6001, Nidera 7636, M-soy 8000 e M-soy 7210, sendo semeadas em vasos plásticos de 5 L, contendo substrato composto de solo argiloso e casca de arroz não carbonizada (3:1) que foi utilizado na condução de ambos os experimentos. Foram mantidas três plantas em cada vaso. A análise química do substrato foi realizada no laboratório de fertilidade e química do solo da UFSM. A partir dos resultados da análise, as doses dos nutrientes foram determinadas com base nas exigências da cultura, de acordo com a recomendação proposta pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004). Os tratamentos consistiram em um fatorial 10x3, com as dez cultivares supracitadas (fator A) nas quais foi realizada a aplicação de fosfito (48 h antes e 48 h após a inoculação com *P. pachyrhizi*) ou água (tratamento testemunha) (fator B). O fosfito foi aplicado na dose de de 2 L.ha<sup>-1</sup> no estádio V<sub>5</sub> (Fehr & Caviness, 1977).

O segundo ensaio foi conduzido com o objetivo de avaliar se a associação do fosfito com fungicidas, aplicados em diferentes momentos em relação à patogênese poderia maximizar o controle da ferrugem da soja. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 6x7, utilizando a cultivar M-soy 8000. O fator A consistiu na aplicação isolada de fosfito (2 L.ha<sup>-1</sup>) e dos fungicidas epoxiconazol (25 g de i.a.ha<sup>-1</sup>) e epoxiconazol + piraclostrobina (25 e 66,5 g de i.a.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), além da combinação dos fungicidas com o fosfito. Também foi incluído um tratamento testemunha com aplicação de água. O fator B foi constituído por sete épocas de aplicação (3, 7 e 14 dias antes e após a inoculação e 2 h antes da inoculação com o patógeno). A aplicação dos tratamentos foi iniciada no estádio V<sub>4</sub>. Em ambos os ensaios, as aplicações foram realizadas com um pulverizador costal equipado com uma ponta de pulverização do tipo XR 110015, usando um volume de calda de 150 L.ha<sup>-1</sup>.

A inoculação com uredosporos de *P. pachyrhizi* foi realizada de acordo com o objetivo de cada experimento, conforme descrito previamente. Os esporos foram coletados a seco, em plantas de soja mantidas na casa-de-vegetação, por meio de um succionador a vácuo provido de reservatório para o armazenamento dos mesmos. Em seguida, os esporos foram transferidos para um Erlenmeyer ao qual foi adicionada água e Tween 80 (espalhante-adesivo). A suspensão foi ajustada para uma concentração de  $2 \times 10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> de suspensão através de um hemacitômetro. A inoculação foi realizada à noite, na face abaxial das folhas.

A severidade da doença (porcentagem da área foliar com sintomas pela doença) foi obtida através de notas visuais, baseadas em escala proposta por Godoy et al. (2006). Foi realizada uma avaliação por semana, em intervalos de seis a dez dias entre elas, num total de quatro avaliações para o primeiro ensaio e cinco para o segundo. No primeiro experimento, as avaliações foram realizadas apenas nas folhas inoculadas e, no segundo, apenas as folhas que receberam a aplicação dos produtos foram avaliadas. Os dados de severidade da doença foram utilizados para a determinação da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), de acordo com Campbell & Madden (1990). Para o primeiro experimento também foi determinado o número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, obtido a partir de lupa portátil com aumento de 20 vezes, posicionada na parte central dos folíolos de soja previamente identificados. Foram avaliados oito folíolos por tratamento.

Ambos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro

repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), para a comparação múltipla de médias através do software PlotIT versão 3.2 para ambiente de Windows.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicaram que o fosfito aplicado de forma isolada não foi capaz de ativar os mecanismos de defesa das plantas de soja contra *P. pachyrhizi*, independentemente da cultivar utilizada. Esses resultados coincidem com os encontrados por Ribeiro Júnior et al. (2006), que também não observaram efeito da aplicação de fosfito sobre o controle de *Verticillium dahliae* em cacueiro.

A análise de variância revelou interação não significativa entre os fatores estudados no primeiro ensaio (cultivares x com e sem aplicação de fosfito) para os dados de severidade da doença, número de pústulas.cm<sup>-2</sup> e de AACPD. Apenas as cultivares apresentaram diferenças significativas entre si, demonstrando variação na suscetibilidade ao fungo *P. pachyrhizi*.

A evolução da severidade foi superior nas cultivares Fundacep 56 RR e BRS 255 RR, seguida das cultivares M-soy 8000, Nidera 7636, M-soy 7210, Coodetec 219 RR, Nidera 6001, Coodetec 214 RR e BRS 243 RR, tendo a cultivar Fundacep 55 RR apresentado os menores valores de severidade de ferrugem em todas as avaliações (Figura 1). A severidade final observada na cultivar Fundacep 55 RR foi 40% inferior àquela observada nas cultivares Fundacep 56 RR e BRS 255 RR. Isso indica que as cultivares avaliadas provavelmente apresentam diferença quanto à sua resistência parcial.

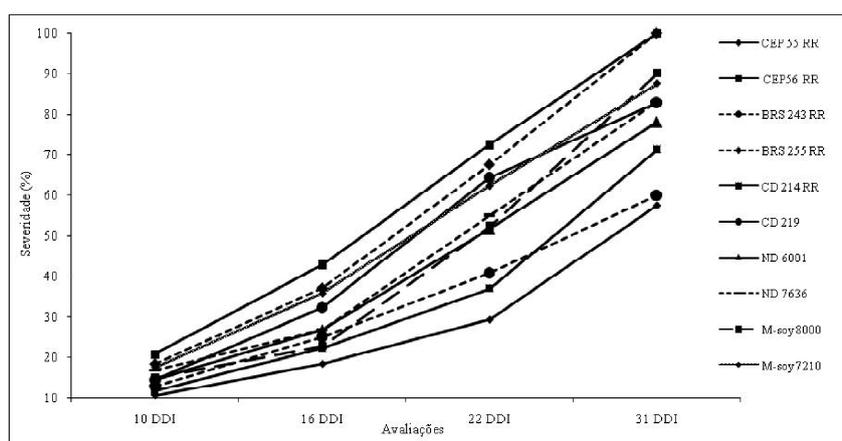


Figura 1 – Severidade da ferrugem asiática avaliada em diferentes épocas (dias depois da inoculação – DDI) em dez cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com *Phakopsora pachyrhizi*. Santa Maria, 2008.

Para a variável número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, foi observado que a cultivar Fundacep 55 RR apresentou o menor valor (207 pústulas.cm<sup>-2</sup>), porém não diferiu estatisticamente das cultivares BRS 243 RR, Coodetc 214 RR, Nidera 6001, M-soy 8000 e Nidera 7636 (Figura 2). O número de pústulas foi maior nas cultivares BRS 255 RR (392 pústulas.cm<sup>-2</sup>) e Fundacep 56 RR (363 pústulas.cm<sup>-2</sup>), sendo estatisticamente comparável às cultivares Coodetc 219 RR, M-soy 7210, M-soy 8000 e Nidera 7636.

Embora os dados obtidos no presente experimento sugiram maior nível de resistência parcial por parte da cultivar Fundacep 55 RR, tais resultados devem ser interpretados com cautela. Isso porque todas as cultivares apresentaram os sintomas da doença aos 10 dias após a inoculação, e uma das características de cultivares portadoras de resistência parcial à ferrugem asiática é um aumento no período de latência da doença, conforme observado por Dallagnol et al. (2004) e Santos et al. (2007). Dessa forma, é provável que a resistência parcial da cultivar Fundacep 55 RR atue sobre outro componente da patogênese, que pode ter reduzido o *fitness* do patógeno. No entanto, a variação no número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, variável de grande importância para a caracterização da resistência parcial, indicou que essa cultivar apresenta algum mecanismo que limita a atividade do patógeno em seus tecidos. Dallagnol et al. (2004) e Navarini et al. (2007) também

verificaram diferenças no número de pústulas.cm<sup>-2</sup> entre cultivares de soja, confirmando a variação na sensibilidade dessas a *P. pachyrhizi*.

Os valores da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) também foram significativamente diferentes entre as cultivares. Como as avaliações de severidade servem de base para o cálculo da AACPD seus resultados seguiram a mesma tendência dos dados discutidos acima, com a cultivar Fundacep 55 RR exibindo a menor AACPD, a qual foi cerca de 53% inferior à da cultivar mais suscetível, a Fundacep 56 RR.

Embora quatro genes dominantes de resistência (*Rpp1*, *Rpp2*, *Rpp3* e *Rpp4*) em soja contra *P. pachyrhizi* sejam conhecidos, tal resistência pode não ser duradoura (Hartman et al., 1991), fato já observado em diversos países, inclusive no Brasil, onde dois anos após a constatação do fungo no país, apenas a resistência conferida pelos genes *Rpp2* e *Rpp4* permanecia efetiva (Arias et al., 2004). Devido às características da resistência parcial, entre elas, a de ser efetiva contra a maioria das raças do patógeno, essa pode propiciar uma maior durabilidade em campo de cultivares com esse tipo de resistência, além de reduzir os riscos de uma possível quebra de resistência, em virtude da resistência vertical rapidamente tornar-se ineficiente contra *P. pachyrhizi* (Bonde et al., 2006).

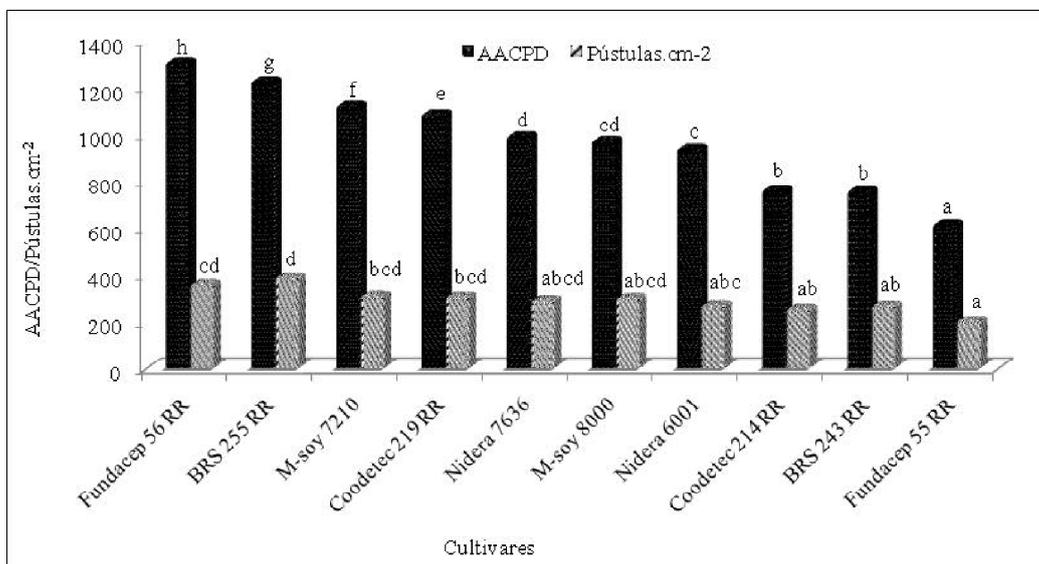


Figura 2 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) e número de pústulas.cm<sup>-2</sup> da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com *Phakopsora pachyrhizi*. \*Barras seguidas de mesma letra apresentam valores estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Santa Maria, 2008.

Para o segundo ensaio, não houve interação significativa entre os tratamentos com fungicidas, fosfito e épocas de aplicação. Esses resultados confirmam aqueles obtidos no experimento 1, uma vez que novamente o fosfito foi incapaz de reduzir a intensidade da ferrugem da soja, mesmo quando aplicado em períodos de tempo mais distantes da inoculação do que aqueles avaliados no primeiro ensaio. Além disso, o produto também não melhorou a performance de nenhum dos fungicidas testados, contrastando com resultados obtidos em videira (Reuveni & Reuveni, 1995), macieira (Reuveni et al., 1998b) e manga (Reuveni et al., 1998a), em que a adição de sais de fósforo a programas de controle com fungicidas intensificou o controle de oídio.

Embora o fosfito não tenha apresentado efeito sobre o controle da ferrugem, foi observada interação significativa entre fungicidas e épocas de aplicação. Analisando os dados de AACPD, foi observado que ambos os fungicidas proporcionaram redução significativa na AACPD quando comparados ao tratamento testemunha, independente da época de sua aplicação (Figura 3). O fungicida epoxiconazol + piraclostrobina foi mais eficiente no controle da doença do que o fungicida epoxiconazol aplicado sozinho. A aplicação da mistura conferiu uma

redução de 29% em relação à aplicação isolada do triazol, considerando a média de todas as épocas de aplicação. Esses resultados concordam com aqueles obtidos por Miles et al. (2007), que também observaram menores níveis de severidade e de desfolha pela ferrugem asiática quando triazóis e estrobilurinas foram aplicados de forma conjunta em relação ao emprego isolado de triazóis. Da mesma forma, o fungicida piraclostrobina + epoxiconazol foi mais eficiente no controle da ferrugem asiática do que oxicloreto de cobre, tiofanato metílico, tiofanato metílico + clorotalonil e clorotalonil (Silva Júnior et al., 2009).

Isso indica que a mistura de dois ou mais ingredientes ativos com mecanismo de ação distintos proporciona um controle mais eficiente da ferrugem da soja. Soma-se a isso o fato de a combinação desses ativos em campo possibilitar um aumento do espectro de ação do produto, garantindo ao mesmo um maior residual, além de reduzir o risco do surgimento de populações do patógeno resistentes ao fungicida.

Com relação às épocas de aplicação dos fungicidas, foi observado que as aplicações dos fungicidas realizadas mais próximas da inoculação proporcionaram maior controle da doença do que aquelas efetuadas muito precoce ou tardiamente (Figura 3). Os menores valores de AACPD

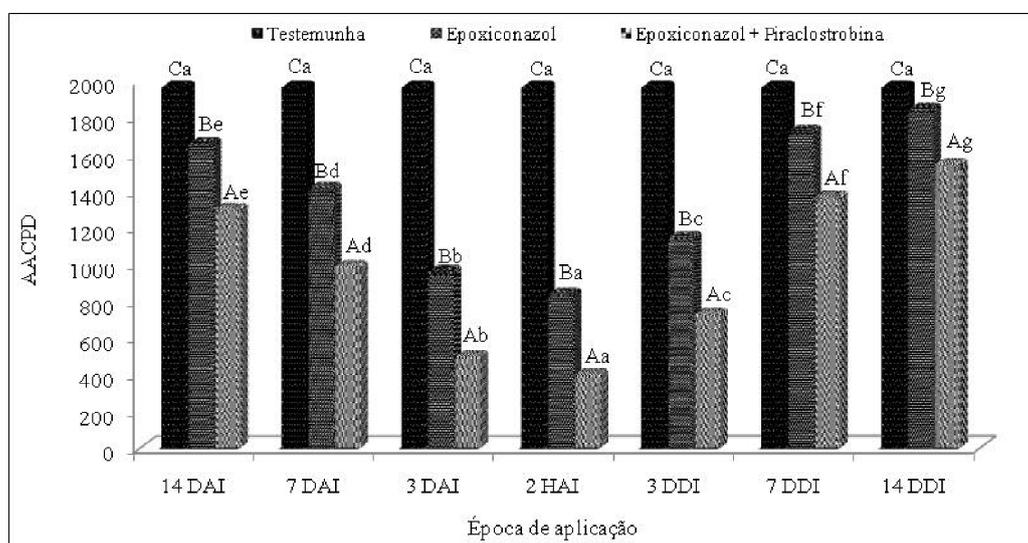


Figura 3 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), em plantas de soja submetidas à aplicação dos fungicidas epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina aos 14, 7 e 3 dias antes da inoculação (DAI), 2 horas antes da inoculação (HAI) e 3, 7 e 14 dias depois da inoculação (DDI) com *Phakopsora pachyrhizi*, considerando a média dos tratamentos com e sem aplicação de fosfito.

\*Letras maiúsculas e minúsculas comparam os fungicidas dentro de cada época e as épocas dentro de cada fungicida, respectivamente, em que barras seguidas de letras distintas apresentam valores estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Santa Maria, 2008.

foram observados quando os fungicidas foram aplicados às 2 HAI. Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Ugalde (2005) que verificou maior residual dos fungicidas epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina em aplicações realizadas duas horas antes da inoculação, fato que pode ter contribuído para os menores valores de AACPD, observados no presente estudo.

A AACPD apresentou redução de 58% e 63% nos seus valores, quando os fungicidas foram aplicados às 2 HAI em relação às aplicações efetuadas aos 14 DAI e 14 DDI, respectivamente. O fato de as aplicações feitas aos 14 DAI e 7 DAI terem sido menos efetivas do que aquelas realizadas aos 3 DAI, 2 HAI e 3 DDI é justificado devido às plantas de soja ainda estarem em intenso crescimento quando as mesmas foram efetuadas. Como a inoculação foi realizada em toda a planta, as folhas que surgiram após a aplicação dos produtos não estavam protegidas pelo produto. Esse comportamento ocorre porque, apesar de ambos os fungicidas utilizados serem sistêmicos, sua translocação está restrita às folhas nas quais ocorre a sua deposição, não ocorrendo translocação dessas para folhas que não receberam o fungicida. Desse modo, as folhas que surgiram após a aplicação dos fungicidas devem ter atuado como uma fonte de inóculo comprometendo o residual destes, resultando em maiores valores de AACPD.

O menor controle da doença aos 7 DDI e 14 DDI é explicado pela baixa eficiência dos produtos quando aplicados de forma erradicante, ou seja, após a manifestação dos sintomas da doença. Segundo alguns autores (Godoy & Canteri, 2004; Reis et al., 2007), o controle químico da doença é menos eficiente à medida que a aplicação do fungicida é atrasada, corroborando com o que foi observado no presente ensaio. Estudos conduzidos em casa-de-vegetação também mostraram a baixa eficiência dos fungicidas após a manifestação dos sintomas da doença pela planta. Nesse caso, o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina apresentou eficiência de 23% quando aplicado aos oito dias após a inoculação com *P. pachyrhizi* (Godoy & Canteri, 2004), bem próximo dos 30% observados no presente estudo, quando a aplicação do fungicida foi realizada aos 7 DDI, considerando os valores de AACPD.

### CONCLUSÕES

O fosfito foi incapaz de induzir defesa nas plantas de soja contra *P. pachyrhizi*, além de não ter beneficiado a ação dos fungicidas aplicados de forma conjunta.

Entre as cultivares avaliadas, a cultivar Fundacep 55 RR apresentou o maior nível de resistência parcial.

As aplicações dos fungicidas mais próximas da infecção das plantas de soja por *P. pachyrhizi* e de

ingredientes ativos com mecanismo de ação distintos proporcionou um controle mais eficiente da ferrugem asiática.

Ensaio em campo serão de vital importância para avaliar o comportamento das cultivares e os resultados de controle da ferrugem asiática obtidos no presente experimento, bem como seu impacto no rendimento de grãos da cultura da soja.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5.ed. San Diego: Academic, 2005. 922p.
- ARIAS, C.A.A.; RIBEIRO, A.S.; YORINORI, J.T.; BROGIN, R.L.; OLIVEIRA, M.F.; TOLEDO, J.F.F. Inheritance of resistance of soybean to rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow). In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2004. p.100.
- BONDE, M.R.; NESTER, S.E.; AUSTIN, C.N.; STONE, C.L.; FREDERICK, R.D.; HARTMAN, G.L.; MILES, M.R. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. **Plant Disease**, Saint Paul, v.90, p.708-716, 2006.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. 532p.
- CHALUVARAJU, G.; BASAVARAJU, P.; SHETTY, N.P.; DEEPAK, S.A.; AMRUTHESH, K.N.; SHETTY, H.S. Effect of some phosphorous-based compounds on control of pearl millet downy mildew disease. **Crop Protection**, Great Britain, v.23, p.595-600, 2004.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- DALLAGNOL, L.J.; BALARDIN, R.S.; UGALDE, M.G. Reação de cultivares de soja a ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 19., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. CD-ROM.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Custo ferrugem asiática da soja**. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net>>. Acesso em: 10 jun. 2008.

- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. (Special report, 80).
- GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, p.97-101, 2004.
- GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, p.63-68, 2006.
- HARTMAN, G.L.; WANG, T.C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**, Saint Paul, v.75, p.596-600, 1991.
- MILES, M.R.; LEVY, C.; MOREL, W.; MUELLER, T.; STEINLAGE, T.; RIJ, N. van; FREDERICK, R.D.; HARTMAN, G.L. International fungicide efficacy trials for the management of soybean rust. **Plant Disease**, Saint Paul, v.91, n.11, p.1450-1458, 2007.
- NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L.J.; BALARDIN, R.S.; MOREIRA, M.T.; MENEGHETTI, R.C.; MADALOSSO, M.G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.182-186, 2007.
- REIS, E.F. dos et al. Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.3, p.319-323, 2007.
- REUVENI, M.; HARPAZ, M.; REUVENI, R. Integrated control of powdery mildew on field-grown mango trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer, sterol inhibitor fungicides and the strobilurin Kresoxymethyl. **European Journal of Plant Pathology**, Netherlands, v.104, p.853-860, 1998a.
- REUVENI, M.; OPPENHEIM, D.; REUVENI, R. Integrated control of powdery mildew on apple trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer and sterol inhibiting fungicides. **Crop Protection**, Great Britain, v.17, n.7, p.563-568, 1998b.
- REUVENI, M.; REUVENI, R. Efficacy of foliar sprays of phosphates in controlling powdery mildews in field-grown nectarine, mango trees and grapevines. **Crop Protection**, Great Britain, v.14, n.4, p.311-314, 1995.
- RIBEIRO JÚNIOR, P.M.; RESENDE, M.L.V. de; PEREIRA, R.B.; CAVALCANTI, F.R.; AMARAL, D.R.; PÁDUA, M.A. de. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.4, p.629-636, 2006.
- SANTOS, A.S.; JULIATTI, F.C.; SANTOS, V.A.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F.C.; HAMAWAKI, O.T. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.443-447, 2007.
- SILVA JÚNIOR, J. da; REZENDE, P. M. de; CARVALHO, E. de A.; ALVES, E.; POZZA, E. A. Efeito de fungicidas sistêmicos e protetores aplicados em diferentes estádios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.705-712, maio/jun., 2009.
- UGALDE, M.G. **Controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja**. 2005. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.