

**Efeito de indutores abióticos de resistência na severidade da ferrugem-asiática e na produtividade de soja**



ISSN 1679-0456

Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agropecuária Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 62**

## **Efeito de indutores abióticos de resistência na severidade da ferrugem-asiática e na produtividade de soja**

Alexandre Dinnys Roesse  
Oscar Fontão de Lima Filho  
Carlos Lasaro Pereira de Melo

Embrapa Agropecuária Oeste  
Dourados, MS  
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agropecuária Oeste**

BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó

79804-970 Dourados, MS

Caixa Postal 449

Fone: (67) 3416-9700

Fax: (67) 3416-9721

www.cpao.embrapa.br

E-mail: sac@cpao.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

**Presidente:** *Guilherme Lafourcade Asmus*

**Secretário-Executivo:** *Alexandre Dinnys Roese*

**Membros:** *Clarice Zanoni Fontes, Claudio Lazzarotto, Germani Concenço, Harley Nonato de Oliveira, José Rubens Almeida Leme Filho, Michely Tomazi, Rodrigo Arroyo Garcia e Silvia Mara Belloni*

**Membros suplentes:** *Alceu Richetti e Oscar Fontão de Lima Filho*

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Fotos da capa: *Alexandre Dinnys Roese*

**1ª edição**

Versão eletrônica (2012)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei N° 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agropecuária Oeste

---

Roese, Alexandre Dinnys

Efeito de indutores abióticos de resistência na severidade da ferrugem-asiática e na produtividade de soja / Alexandre Dinnys Roese, Oscar Fontão de Lima Filho, Carlos Lasaro Pereira de Melo. — Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012.

22 p. ; 21 cm. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISBN 1679-0456 ; 62).

1. Soja - Doença - Resistência - Produtividade. 2. Ferrugem-asiática - Soja - Resistência - Produtividade. I. Lima Filho, Oscar Fontão de. II. Melo, Carlos Lásaro Pereira de. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Título. V. Série.

---

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>6</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>7</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>9</b>
<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>12</b>
<b>Conclusões</b> .....	<b>20</b>
<b>Referências</b> .....	<b>21</b>



# Efeito de indutores abióticos de resistência na severidade da ferrugem-asiática e na produtividade de soja

---

*Alexandre Dinnys Roese<sup>1</sup>*

*Oscar Fontão de Lima Filho<sup>2</sup>*

*Carlos Lasaro Pereira de Melo<sup>3</sup>*

## Resumo

Indutores de resistência sistêmica têm sido empregados com sucesso no manejo de doenças em diversos patossistemas. Essa prática, quando eficiente, contribui para o manejo sustentável da produção, resultando em redução de custos e menor impacto ambiental. Neste trabalho, os indutores de resistência silicato de potássio (solução aquosa), silicato de cálcio (volastonita) e acibenzolar-S-methyl (granulado dispersível em água) foram testados para o controle da ferrugem-asiática-da-soja, em duas safras consecutivas. Nenhum dos indutores testados apresentou eficiência no controle da doença, quando não associados à aplicação de fungicida. Aplicações preventivas de silicato de potássio permitiram redução do uso de fungicida.

**Termos para indexação:** *Phakopsora pachyrhizi*, silício, silicato de potássio, silicato de cálcio, volastonita, acibenzolar.

---

<sup>(1)</sup>Engenheiro-Agrônomo, M.Sc., Analista da Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 449, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: alexandre.roese@embrapa.br

<sup>(2)</sup>Engenheiro-Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: oscar.fontao@embrapa.br

<sup>(3)</sup>Engenheiro-Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: carlos.lasaro@embrapa.br

## Effect of abiotic inducers of resistance in the severity of Asian soybean rust and yield

---

### Abstract

Systemic inducers of resistance have been used successfully to manage diseases in different pathosystems. This practice, when efficient, helps to the sustainability of the production systems, resulting in lower costs and environmental impact. In this work the resistance inducers potassium silicate (water solution), calcium silicate (wollastonite) and acibenzolar-S-methyl (dispersible granule) were tested for the control of Asian soybean rust, in two consecutive crops. No one of the inducers tested showed efficiency in the disease control when not associated with fungicide spraying. Preventive spraying of potassium silicate allowed less fungicide use.

**Key words:** *Phakopsora pachyrhizi*, silicon, potassium silicate, calcium silicate, wollastonite, acibenzolar.

## Introdução

A cultura da soja no Brasil é responsável por cerca de 25 milhões de hectares cultivados, sendo que os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul respondem por cerca de 35% desse total, demonstrando a importância econômica e social dessa cultura para esses estados e para o Brasil (IBGE, 2012).

Dentre as doenças que afetam a cultura da soja no Brasil destaca-se a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P.Syd.). Esta doença foi relatada pela primeira vez no Japão em 1902 e, desde então, tem sido identificada em diversos países, causando perdas significativas na produtividade da soja (BROMFIELD, 1984; SINCLAIR; HARTMAN, 1999). Em 2001 foi detectada no Brasil (YORINORI et al., 2002) e, desde a safra agrícola de 2003/2004, tem sido constatada em todas as regiões produtoras de soja no Brasil, exceto em Roraima (YORINORI et al., 2004). Até o momento não estão disponíveis cultivares de soja resistentes ou tolerantes a essa doença, o que torna a produção de soja altamente dependente de fungicidas, aumentando, assim, os custos de produção e os riscos de contaminação humana e ambiental.

Informações compiladas por Bromfield (1984) apresentam relatos de perdas de produtividade da ordem de 15%-40% no Japão, 70%-80% em Taiwan e 10%-30% na Tailândia e na China. Em relação aos prejuízos provocados pela ferrugem-asiática no Brasil, Carneiro (2007) observou redução média de 8,4 dias no ciclo da soja, em parcelas não tratadas com fungicida. O mesmo autor, avaliando a tolerância de 10 genótipos de soja à ferrugem-asiática, observou reduções de 11,4%, 49,8% e 77% de produtividade em parcelas não tratadas com fungicidas, para as semeaduras nos dias 31 de outubro, 28 de novembro e 19 de dezembro de 2005, respectivamente, quando comparadas às parcelas que receberam tratamento com o fungicida tebuconazole (0,5 L ha<sup>-1</sup>). Desse modo, quanto mais tarde foi realizada a semeadura, maiores foram as perdas de produtividade, provavelmente por causa do aumento da quantidade de inóculo do patógeno. De acordo com o Consórcio Antiferrugem (2011), essa doença causou, até a safra 2010/2011,

perdas da ordem de 15 milhões de toneladas de grãos na produção brasileira de soja.

A utilização de métodos biológicos ou outros métodos profiláticos como estratégias alternativas de controle de doenças têm despertado bastante interesse, principalmente pelo potencial de uso comercial e baixo impacto ambiental. Tem sido demonstrado que a indução de resistência em plantas suscetíveis confere proteção quantitativa contra um amplo espectro de microrganismos, através da ativação dos mecanismos de resistência das plantas, associada à expressão coordenada de um conjunto de genes de defesa, como é o caso do acibenzolar-S-methyl (ASM) e do silício (BÉLANGER et al., 1995; RUESS et al., 1995).

Em muitos patossistemas, o silício pode atuar favoravelmente, aumentando a resistência do hospedeiro ao patógeno, seja por meio de resistência mecânica e/ou proteção química. Em soja, Lima (1998) estudou a relação entre silício e o cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*). O fornecimento do silício através de solução nutritiva aumentou a resistência da soja ao cancro-da-haste. A extensão da lesão, provocada pelo fungo na medula das plantas infectadas, diminuiu em até 90%. A diminuição da lesão foi linear até a adição de 40 mg kg<sup>-1</sup> de silício ao meio nutritivo, cerca de 4.000 mg kg<sup>-1</sup> de silício nas folhas, ou 550 mg kg<sup>-1</sup> de silício nas hastes da soja. Doenças como mancha-olho-de-rã (*Cercospora sojina*) e míldio (*Peronospora manshurica*) podem ter sua incidência diminuída com o uso de fontes silicatadas, como parte do manejo nutricional da cultura da soja; este fato foi observado por Nolla et al. (2006), que obtiveram respostas favoráveis no aumento da resistência da soja para as duas doenças citadas, utilizando silicato de cálcio (volastonita) em condições controladas. No entanto, os mesmos autores não obtiveram sucesso no controle da ferrugem-asiática-da-soja com as fontes silicatadas empregadas.

Este trabalho baseou-se na hipótese de que o uso de indutores de resistência sistêmica ou a aplicação de silicato de cálcio via solo pode conduzir a um aumento da tolerância da soja à ferrugem e, conseqüentemente, menor necessidade de uso de fungicidas, com aumento da produtividade.

## Material e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos: um para testar o efeito de silicato de potássio e acibenzolar-S-methyl aplicados via foliar, e o outro para testar o efeito do silicato de cálcio (volastonita) aplicado no sulco de semeadura, no combate à ferrugem-asiática da soja.

### Efeito de indutores abióticos de resistência aplicados via foliar

O experimento foi conduzido na safra 2008/2009 e repetido na safra 2009/2010, em Dourados, MS, com a cultivar BRS 246 RR. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de seis fileiras de 6,00 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,45 m; para as avaliações foram usadas as quatro fileiras centrais, descartando-se um metro em cada extremidade. Os ensaios foram implantados nos meses de outubro a novembro com os seguintes tratamentos:

1. testemunha absoluta;
2. duas aplicações de fungicida, sendo a primeira no início do florescimento das plantas e a segunda 21 dias após a primeira (tratamento padrão);
3. silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) a cada 14 dias a partir do estágio V5 até o aparecimento da doença;
4. acibenzolar-S-methyl (ASM) a cada 14 dias a partir de V5 até o aparecimento da doença;
5.  $K_2SiO_3$  + ASM a cada 14 dias a partir de V5 até o aparecimento da doença;
6.  $K_2SiO_3$  a cada 14 dias a partir de V5 + duas aplicações após a constatação da doença;
7. ASM a cada 14 dias a partir de V5 + duas aplicações após a constatação da doença;
8.  $K_2SiO_3$  + ASM a cada 14 dias a partir de V5 + duas aplicações após a constatação da doença;

9. duas aplicações de fungicida +  $K_2SiO_3$  (padrão +  $K_2SiO_3$ );
10. duas aplicações de fungicida + ASM (padrão + ASM);
11. duas aplicações de fungicida +  $K_2SiO_3$  + ASM (padrão +  $K_2SiO_3$  + ASM);
12.  $K_2SiO_3$  a cada 14 dias até a doença e uma aplicação de fungicida no aparecimento da doença;
13.  $K_2SiO_3$  a cada 14 dias até a doença e duas aplicações de fungicida a partir do aparecimento da doença;
14. ASM a cada 14 dias até a doença e uma aplicação de fungicida no aparecimento da doença;
15. ASM a cada 14 dias até a doença e duas aplicações de fungicida a partir do aparecimento da doença;
16.  $K_2SiO_3$  + ASM a cada 14 dias até a doença e uma aplicação de fungicida no aparecimento da doença; e
17.  $K_2SiO_3$  + ASM a cada 14 dias até a doença e duas aplicações de fungicida a partir do aparecimento da doença.

Utilizou-se o fungicida composto de mistura comercial de azoxistrobina ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ) + ciproconazole ( $80 \text{ g L}^{-1}$ ), na dose de  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$  + óleo mineral parafínico recomendado pelo fabricante do fungicida, na dose de 0,5% do volume de calda, com volume de aplicação de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . As doses dos indutores foram de  $35 \text{ g ha}^{-1}$  de ASM (acibenzolar-S-methyl) e  $1,4 \text{ L ha}^{-1}$  (equivalente a  $235,2 \text{ g Si ha}^{-1}$ ) de  $K_2SiO_3$  (silicato de potássio fluido), ambos fornecidos por meio de aplicação foliar, com volume de calda de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . As aplicações preventivas de  $K_2SiO_3$  e ASM foram realizadas a partir do estágio V5 de desenvolvimento das plantas (quinto nó, quarto trifólio aberto), em intervalos de 14 dias, até o surgimento dos primeiros sinais da ferrugem em cada tratamento. A soja foi semeada no início da época de cultivo, a fim de diminuir a probabilidade de incidência da ferrugem no estágio vegetativo, permitindo, assim, que as aplicações de  $K_2SiO_3$  e ASM fossem realmente preventivas. O experimento foi monitorado pelo menos uma vez por semana, até a primeira aplicação dos indutores de resistência, e pelo menos duas vezes por semana, após o início dessas aplicações, até a constatação da ferrugem.

## **Efeito de doses de silício na adubação de base**

O experimento foi conduzido na safra 2008/2009 em Dourados, MS e Ponta Porã, MS e repetido na safra 2009/2010 em Dourados, MS. Utilizou-se a cultivar BRS 246 RR. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e dois fatores de avaliação: cinco doses (0, 100, 200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de volastonita branca moída (40,8% de SiO<sub>2</sub> e 40% de CaO) e dois protocolos (com e sem) de aplicação do fungicida azoxistrobina + ciproconazole na dose de 0,3 L ha<sup>-1</sup> + óleo mineral parafínico na dose de 0,5% do volume de calda, com volume de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup>. Calcário calcítico foi misturado à volastonita, em quantidades inversamente proporcionais, a fim de padronizar o teor de cálcio nos tratamentos.

Para ambos os experimentos, o manejo fitotécnico foi realizado de acordo com as indicações técnicas (TECNOLOGIAS..., 2006). Avaliou-se a severidade da ferrugem na fase final de formação de grãos, além de componentes de produção. As avaliações da doença foram realizadas em 15 folíolos destacados de cada terço (inferior, médio e superior) das plantas da área útil de cada parcela, para compor a média de severidade da parcela. todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Assistat (Silva e Azevedo, 2002), versão 7.5 beta.

## Resultados e Discussão

### **Efeito de indutores abióticos de resistência aplicados via foliar**

Na safra 2008/2009 a severidade da ferrugem-asiática-da-soja foi baixa, atingindo apenas 12,4% de área foliar com sintomas (AFS) nas parcelas testemunhas. Por esse motivo, os tratamentos contendo fungicidas não foram aplicados e o experimento foi conduzido com apenas 4 tratamentos: a) testemunha sem aplicação; b) 5 pulverizações de  $K_2SiO_3$ , a cada 14 dias a partir do estádio V5; c) 5 pulverizações de ASM, a cada 14 dias a partir de V5; e d) 5 pulverizações de  $K_2SiO_3$  + ASM, a cada 14 dias a partir de V5 (tratamentos 1, 3, 4 e 5 descritos na metodologia). Devido ao baixo número de tratamentos, em vez de 4 blocos, como inicialmente previsto, o experimento foi instalado em 8 blocos, cada um contendo os 4 tratamentos aleatoriamente distribuídos dentro do bloco. Traços de ferrugem foram observados nas parcelas, 3 dias após a última aplicação dos indutores. Quatorze dias após a última aplicação, quando as plantas encontravam-se no estádio R5.4 de desenvolvimento (51% a 75% da granação), avaliou-se a percentagem de área foliar com sintomas e quando as plantas atingiram o ponto de maturação de colheita avaliou-se a altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem. Posteriormente, as plantas foram colhidas e a produtividade de grãos foi avaliada (Tabela 1). Nesta condição de baixa severidade da ferrugem não se observou efeito dos tratamentos testados.

Na safra 2009/2010 a severidade da ferrugem foi maior, atingindo a média de 24,5% de AFS nas parcelas testemunhas. Todos os 17 tratamentos foram aplicados. Somente uma aplicação preventiva dos indutores de resistência foi realizada, em 22 de dezembro de 2009, quando as plantas estavam no estádio V5 de desenvolvimento. Em 4 de janeiro de 2010 foi detectada a doença na área experimental, e deu-se início aos tratamentos com fungicida e misturas de fungicida com indutores. Os resultados das avaliações de severidade da ferrugem, desfolha, produtividade e peso de mil grãos encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 1.** Severidade da ferrugem (Sev.) no estádio R5.4, altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AV) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de plantas de soja submetidas a diferentes indutores de resistência, safra 2008/2009.

Tratamento	Sev. (%)	AP (cm)	AV (cm)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	12,4 <sup>ns</sup>	79,2 <sup>ns</sup>	12,7 <sup>ns</sup>	2.525 <sup>ns</sup>
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	12,8	77,7	14,0	2.614
ASM	12,0	74,2	13,0	2.659
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + ASM	13,4	75,7	13,2	2.543
<b>CV (%)</b>	15,4	6,8	14,0	9,7

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F.

**Tabela 2.** Severidade da ferrugem no estádio R5.4, percentual de desfolha e produtividade de grãos de soja tratada com fungicida e diferentes combinações de indutores de resistência, safra 2009/2010.

Tratamento	Severidade (%) <sup>(1)</sup>	Desfolha (%)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso de mil grãos (g)
1	24,5 a	91,2 a	3.213,8 b	109,0 b
2	18,6 b	79,0 b	3.436,6 a	117,0 a
3	23,6 a	91,2 a	3.239,5 b	118,7 a
4	23,8 a	91,2 a	3.040,5 b	105,5 b
5	22,5 a	91,2 a	3.128,9 b	105,5 b
6	24,2 a	91,2 a	3.183,0 b	107,5 b
7	23,2 a	91,2 a	3.423,2 a	111,2 b
8	22,9 a	91,2 a	3.078,5 b	107,0 b
9	18,7 b	77,5 b	3.571,5 a	111,2 b
10	19,8 b	79,3 b	3.611,5 a	119,8 a
11	19,5 b	79,3 b	3.714,8 a	119,3 a
12	20,6 b	87,2 a	3.319,9 b	113,5 a
13	20,7 b	81,8 b	3.500,3 a	114,7 a
14	21,8 a	88,1 a	3.239,0 b	110,7 b
15	18,8 b	75,3 b	3.441,4 a	117,7 a
16	22,3 a	84,3 a	3.442,9 a	113,5 a
17	18,9 b	71,5 b	3.477,5 a	119,3 a
<b>CV (%)</b>	5,0%	5,9%	8,4%	4,9%

<sup>(1)</sup>Para a análise estatística os dados foram transformados para arc.sen.raiz de x/100. Valores seguidos por letras iguais, na coluna pertencem ao mesmo grupo (Scott-Knott, p < 0,05).

Como pode ser observado na Tabela 2, todos os tratamentos que não receberam fungicida ou receberam somente uma aplicação, exceto o tratamento 12 ( $K_2SiO_3$  a cada 14 dias até a doença e uma aplicação de fungicida no aparecimento da doença), apresentaram severidade de ferrugem estatisticamente igual à testemunha e superior aos tratamentos que receberam duas aplicações. Estes resultados mostram que, de modo geral, os indutores de resistência silicato de potássio e acibenzolar-S-methyl, nas doses empregadas, não foram eficientes para o controle da ferrugem da soja. No entanto, o tratamento 12 proporcionou controle da doença semelhante ao tratamento 2 (duas aplicações de fungicida), apesar de a produtividade ter sido igual à testemunha e inferior ao tratamento padrão com duas aplicações de fungicida. Além disso, ao misturar-se o ASM na calda para aplicação (tratamento 16:  $K_2SiO_3$  + ASM seguido de uma aplicação de fungicida), a severidade da ferrugem foi igual à testemunha e superior ao tratamento 12. Com relação à desfolha, os resultados foram semelhantes, ou seja, nenhum dos tratamentos com indutores de resistência ou com indutores de resistência e uma aplicação de fungicida foram eficientes em retardar a desfolha; somente os tratamentos que constavam de duas aplicações de fungicida, isolado ou em conjunto com qualquer um dos indutores de resistência, foram estatisticamente superiores à testemunha. Estes resultados refletiram-se na produtividade de grãos (com exceção dos tratamentos 7 e 16) e no peso de mil grãos (exceto os tratamentos 3, 9, 12 e 16).

Para produtividade, os tratamentos 7 (ASM preventivo e após o surgimento da doença) e 16 ( $K_2SiO_3$  + ASM preventivos seguidos de uma aplicação de fungicida quando constatada a doença) foram superiores à testemunha e iguais ao padrão (duas aplicações de fungicida), mostrando, assim, efeito dos indutores de resistência na produtividade de grãos de soja. Para o peso de mil grãos, o tratamento 3, apesar de não ter recebido nenhuma aplicação de fungicida, não diferiu estatisticamente do tratamento 2, que recebeu duas aplicações de fungicida. O tratamento 9, que recebeu duas aplicações de fungicida, não diferiu estatisticamente da testemunha. No entanto, essas diferenças no peso de mil grãos para alguns tratamentos com indutores de resistência não se refletiram na produtividade. Vale salientar, ainda, que o incremento de produtividade com aplicação de fungicida, em relação à

testemunha, foi de apenas 6,5%, aproximadamente, mostrando que a severidade da doença observada foi pouco prejudicial à produtividade nesta safra.

## Efeito de doses de silício na adubação de base

Na safra 2008/2009 a ferrugem foi detectada em todos os tratamentos quando as plantas estavam no estágio R3, tanto em Dourados como em Ponta Porã. Devido à baixa severidade da ferrugem, a aplicação de fungicida prevista não foi realizada. Quando as plantas encontravam-se no final do enchimento de vagens foi avaliada a severidade através da AFS em todas as parcelas. Os resultados de severidade da doença e da produtividade de grãos foram submetidos à análise de variância para cada um dos locais estudados, e encontram-se sumarizados nas Tabelas 3 e 4.

Somente a severidade da ferrugem no ensaio em Dourados apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 3). Os demais resultados - produtividade de grãos em Dourados, severidade da doença e produtividade de grãos em Ponta Porã - não diferiram estatisticamente.

**Tabela 3.** Severidade de ferrugem no estágio R6 e produtividade de soja em função de diferentes doses de volastonita (metassilicato natural de cálcio) aplicadas no sulco de semeadura, em Dourados, MS, safra 2008/2009.

Dose de volastonita (kg ha <sup>-1</sup> )	Severidade (AFS %) <sup>(1)</sup>	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
0 (Testemunha)	11,2 ab <sup>(2)</sup>	3.101 ns <sup>(3)</sup>
100	10,1 b	2.966
200	11,4 ab	3.215
400	12,9 a	3.030
600	13,0 a	3.106
CV (%) <sup>(4)</sup>	6,8	13,8

<sup>(1)</sup>Porcentagem de área foliar com sintomas de ferrugem. <sup>(2)</sup>Letras iguais na coluna não diferem entre si (Tukey, p < 0,05). <sup>(3)</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. <sup>(4)</sup>Coeficiente de variação.

**Tabela 4.** Severidade de ferrugem no estágio R5.5 e produtividade de soja em função de diferentes doses de volastonita (metassilicato natural de cálcio) aplicadas no sulco de semeadura, em Ponta Porã, MS, safra 2008/2009.

Dose de volastonita (kg ha <sup>-1</sup> )	Severidade (AFS %) <sup>(1)</sup>	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
0 (Testemunha)	9,6 ns <sup>(2)</sup>	2.010 ns <sup>(2)</sup>
100	8,9	2.102
200	8,4	2.186
400	9,2	2.015
600	8,6	2.028
CV (%) <sup>(3)</sup>	10	14,3

<sup>(1)</sup>Porcentagem de área foliar com sintomas de ferrugem. <sup>(2)</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. <sup>(3)</sup>Coeficiente de variação.

Na safra 2009/2010 o experimento foi conduzido somente em Dourados. Nesse ano, mesmo com baixa severidade da doença, foram realizadas duas aplicações de fungicida na parte aérea das plantas, com intervalo de 21 dias entre as aplicações, logo que detectados os primeiros sinais do patógeno na área experimental. A ferrugem foi detectada quando as plantas encontravam-se no estágio R2 de desenvolvimento. As avaliações da severidade da ferrugem foram realizadas nos estádios R5.3 e R5.5. Não houve diferença entre os tratamentos para severidade da doença, em nenhum desses estádios de desenvolvimento das plantas, bem como na produtividade e no peso de mil grãos (Tabela 5). Com relação à aplicação de fungicida, este fator também não foi significativo nas avaliações da doença e nem na produtividade e no peso de mil grãos (Tabela 6), em decorrência da baixa severidade da ferrugem em toda a área experimental. Não foi observada interação entre doses de volastonita e aplicação de fungicida.

**Tabela 5.** Severidade da ferrugem-asiática-da-soja nos estádios R5.3 e R5.5, produtividade e peso de mil grãos de soja tratada com diferentes doses de silício no sulco de semeadura. Dourados, MS, safra 2009/2010.

Dose de volastonita (kg ha <sup>-1</sup> )	Severidade (%)		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso de mil grãos (g)
	R5.3	R5.5		
0	1,8 ns <sup>(1)</sup>	8,3 ns <sup>(1)</sup>	2.726 ns <sup>(1)</sup>	89,8 ns <sup>(1)</sup>
100	1,6	7,6	2.596	86,2
200	1,5	7,8	2.584	87,8
400	1,8	8,7	2.633	87,8
600	1,1	4,9	2.484	87,0

<sup>(1)</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Severidade da ferrugem-asiática-da-soja nos estádios R5.3 e R5.5, produtividade e peso de mil grãos de soja com e sem aplicação de fungicida na parte aérea das plantas. Dourados, MS, safra 2009/2010.

Aplicação de fungicida	Severidade (%)		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Peso de mil grãos (g)
	R5.3	R5.5		
Com fungicida	1,2 ns <sup>(1)</sup>	7,3 ns <sup>(1)</sup>	2.577 ns <sup>(1)</sup>	87,8 ns <sup>(1)</sup>
Sem fungicida	1,9	7,5	2.632	87,7

<sup>(1)</sup>Não significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Diferenças na severidade da ferrugem foram observadas entre diferentes doses de volastonita no sulco de semeadura, no entanto sem diferenciar da testemunha (Tabela 3). Esses resultados não permitem conclusões sobre as doses de volastonita empregadas.

No experimento com aplicação foliar de indutores de resistência (safra 2009/2010), mesmo em condições de baixa severidade da ferrugem, os tratamentos que consistiram somente desses indutores ou desses e uma aplicação de fungicida (exceto o tratamento 12 -  $K_2SiO_3$  preventivo e uma aplicação de fungicida), não foram eficientes no controle da doença em condições naturais de campo, apesar de efeitos benéficos na produtividade terem sido observados. O tratamento 7 (ASM preventivo + duas aplicações após a constatação da doença), apesar de não contemplar nenhuma aplicação de fungicida, obteve produtividade superior à testemunha e igual ao tratamento padrão com duas aplicações de fungicida. No entanto, é precipitado atribuir esse aumento da produtividade ao ASM, tendo em vista que tal resultado não se repetiu quando adicionou-se o  $K_2SiO_3$  na calda de pulverização (tratamento 8), e nem mesmo quando a aplicação de ASM foi sucedida pela aplicação de fungicida após a constatação da ferrugem no experimento (tratamento 14). A diferença de produtividade da soja entre os tratamentos 7 e 8 sugere haver uma interação entre aplicação de ASM e  $K_2SiO_3$ , que pode ser melhor investigada em estudos futuros. ASM é registrado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como ativador de plantas, e indicado para auxiliar no manejo de diversas doenças; no entanto, não foi eficiente para a redução da severidade da ferrugem-asiática-da-soja.  $K_2SiO_3$  e ASM, quando aplicados em conjunto, preventivamente, seguidos de uma aplicação de fungicida na constatação da doença (tratamento 16), proporcionaram incremento na produtividade em relação à testemunha, assemelhando-se ao tratamento padrão, mesmo sem apresentarem controle da doença.

Esses resultados confirmam parcialmente o que foi observado por Nolla et al. (2006), em condições controladas, para este mesmo patossistema. Além disso, Pereira et al. (2009) obtiveram sucesso no controle da ferrugem-asiática-da-soja com emprego de silicato de potássio e acibenzolar-S-methyl, porém em experimento conduzido em condições controladas, com

inoculação artificial do patógeno. Lemes et al. (2011) obtiveram sucesso no controle da ferrugem-asiática-da-soja com aplicação de silício, observando redução da área sob a curva de progresso da doença em 36% e 43%, respectivamente para silicato de potássio via foliar e silicato de cálcio via solo. No entanto, além de realizarem o trabalho nos Estados Unidos, onde a epidemiologia da doença apresenta diferenças em relação ao Brasil, os autores não observaram ocorrência natural da doença no campo, em razão da baixa precipitação pluviométrica, sendo obrigados a inocular o patógeno nas parcelas, empregando um espaçamento entre linhas de semeadura de 0,91 m, muito diferente do que é praticado nas condições brasileiras.

Duarte et al. (2009) testaram diversas doses de silicato de potássio, além de acibenzolar-S-methyl (125 g de i.a. ha<sup>-1</sup>) e fungicidas protetores e sistêmicos no controle da ferrugem-asiática-da-soja em condições naturais de campo. Os autores não observaram efeito das doses de silicato de potássio, porém foi obtida resposta intermediária com acibenzolar-S-methyl, assemelhando-se àquela proporcionada pelo fungicida mancozebe. O melhor tratamento foi obtido com o emprego do fungicida tebuconazole. Dallagnol et al. (2006) observaram efeito positivo de acibenzolar-S-methyl, sozinho ou em mistura com fungicidas, no controle de manchas foliares causadas por *Septoria glycines*, *Cercospora kikuchii*, *C. sojina* e *Colletotrichum truncatum*, em condições de campo, sem diferenciar as doenças no momento da avaliação.

Assim, os resultados obtidos no presente trabalho, comparados com a literatura, indicam que os indutores abióticos de resistência silicato de potássio, silicato de cálcio e acibenzolar-S-methyl, apesar de serem relatados como eficientes para o controle da ferrugem-asiática-da-soja em condições controladas, não são ainda eficientes para uso isolado no controle desta doença em condições naturais no campo. No entanto, os resultados obtidos neste trabalho, principalmente com relação aos tratamentos 7 (ASM preventivo e após a ocorrência do ferrugem), 12 (K<sub>2</sub>SIO<sub>3</sub> preventivo seguido de uma aplicação de fungicida na ocorrência da ferrugem) e 16 (K<sub>2</sub>SIO<sub>3</sub>+ASM preventivos seguido de uma aplicação de fungicida na ocorrência da ferrugem), indicam que a aplicação destes indutores de resistência, em conjunto com fungicidas, proporciona benefícios à cultura da soja, tanto para

o manejo de doenças como para o incremento da produtividade, justificando a realização de mais trabalhos de pesquisa para que seja possível o estabelecimento de recomendações técnicas relativas ao seu emprego nessa cultura.

## Conclusões

- O silicato de potássio, quando aplicado via foliar, de forma preventiva, auxilia no controle da ferrugem-asiática-da-soja, levando à redução nas aplicações de fungicida.
- Aplicações foliares de silicato de potássio juntamente com ASM possibilitam a redução das aplicações de fungicida, sem prejuízo da produtividade de soja.
- Não há efeito do silicato de cálcio, aplicado através de volastonita no sulco de semeadura, na severidade da ferrugem e na produtividade de soja;

## Referências

BÉLANGER, R. R.; BOWEN, P. A.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Soluble silicon - its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease**, St. Paul, v. 79, n. 4, p. 329-336, 1995.

BROMFIELD, K. R. **Soybean rust**. St. Paul: APS Press, 1984. 65 p. (Monograph, n. 11).

CARNEIRO, L. C. **Caracterização epidemiológica da resistência parcial e análise da tolerância de genótipos de soja à ferrugem asiática**. 2007. 75 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CONSORCIO ANTIFERRUGEM. **Custo ferrugem asiática da soja**. [S.l.:, 2011]. Disponível em: <[http://www.consorcioantiferrugem.net/porta1/?page\\_id=1347](http://www.consorcioantiferrugem.net/porta1/?page_id=1347)>. Acesso em: 5 dez. 2012.

DALLAGNOL, L. V.; NAVARINI, L.; UGALDE, M. G.; BALARDIN, R. S.; CATELAM, R. Utilização de acibenzolar-S-methyl para controle de doenças foliares da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 255-259, July/Sept. 2006.

DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A.; RIOS, J. A.; LOPES, U. P. Silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas no controle da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 8, p. 2271-2277, nov. 2009.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**: banco de dados agregados: dados de previsão de safra: produção- Brasil- dezembro 2012. [Rio de Janeiro, 2012?]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp>>. Acesso em: 5 dez. 2012.

LEMES, E. M.; MACKOWIAK, C. L.; BLOUNT, A.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L.; COELHO, L.; OATNOFF, L. E. Effects of silicon applications on soybean rust development under greenhouse and field conditions. **Plant Disease**, St. Paul, v. 95, n. 3, p. 317-324, Mar. 2011.

LIMA, M. T. G. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 1998. 58 p. Tese (Doutorado)- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NOLLA, A.; KORNDORFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean disease control. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 29, n. 11, p. 2049-2061, 2006.

PEREIRA, S. C.; RODRIGUES, F. A.; CARRÉ-MISSIO, V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 164-170, 2009.

RUESS, W.; KUNZ, W.; STAUB, T.; MÜLLER, K.; POPPINGER, N.; SPEICH, J.; GOY, P. A. Plant Activator CGA 245704, a new technology for disease management. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 101, p. 68, 1995. Supplement.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean diseases. In: HARTMAN, G. L., SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4th ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 3-4.

TECNOLOGIAS de produção de soja – Região Central do Brasil 2007. Londrina: Embrapa Soja; [Planaltina, DF]: Embrapa Cerrados; [Dourados]: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 11).

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil**: evolução, importância econômica e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 247).

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERIC, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F. Epidemia da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, em 2001 e 2002. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 178-179, ago. 2002. Suplemento, ref. 569. Edição dos Resumos do XXXV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Recife, ago. 2002.

**Embrapa**

---

**Agropecuária Oeste**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

G O V E R N O F E D E R A L  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA