

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento

**Indutores abióticos na resposta
de diferentes genótipos de soja
quanto à ferrugem-asiática e
componentes de produção**



Maio, 2015

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento

69 *Embrapa Agropecuária Oeste*
ISSN 1679-0456

9 *Embrapa Soja*
ISSN 2178-1680

Indutores abióticos na resposta de diferentes genótipos de soja quanto à ferrugem-asiática e componentes de produção

*Carlos Lásaro Pereira de Melo
Oscar Fontão de Lima Filho
Alexandre Dinnys Roese
Adibe Luiz Abdalla*

Embrapa Agropecuária Oeste
Dourados, MS
2015

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.embrapa.br/agropecuaria-oeste

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass, s/nº

Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta

86001-970 Londrina, PR

Caixa Postal 231

Fone: (43) 3371-6000

Fax: (43) 3371-6100

www.embrapa.br/soja

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*

Membros: *Augusto César Pereira Goulart,*

Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni

Fontes, Crêbio José Ávila, Daniilton Luiz Flumignan,

Fernando Mendes Lamas,

Germani Concenço, Ivo de Sá Motta,

Marciana Retore e Michely Tomazi

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: *Paulo Luiz Lanzetta Aguiar (aplicação) e*

Cláudia Vieira Godoy (ferrugem-asiática)

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretária-Executiva: *Regina Maria*

Villas Bôas de Campos Leite

Membros: *Alvadi Antonio Balbinot Junior,*

Claudine Dinali Santos Seixas,

Fernando Augusto Henning, Eliseu

Binneck, Lilliane Márcia Mertz-Henning,

Maria Cristina Neves de Oliveira,

Norman Neumaier e Vera de Toledo

Benassi

1ª edição

On-line (2015)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agropecuária Oeste

Indutores abióticos na resposta de diferentes genótipos de soja quanto à ferrugem-asiática e componentes de produção / Carlos Lásaro Pereira de Melo ... [et al.]. – Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste, 2015.

36 p. ; 21 cm. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456 ; 69 ; Embrapa Soja, ISSN 2178-1680 ; 9).

1. Soja – Doença – Resistência – Indutor. 2. Acibenzolar-S-methyl – Soja – Doença – Resistência. 3 – Silício – Soja – Doença – Resistência. I. Melo, Carlos Lásaro Pereira de. II. Embrapa Agropecuária Oeste. III. Embrapa Soja. IV. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusões	27
Referências	29

Indutores abióticos na resposta de diferentes genótipos de soja quanto à ferrugem-asiática e componentes de produção

Carlos Lásaro Pereira de Melo¹

Oscar Fontão de Lima Filho²

Alexandre Dinnys Roese³

Adibe Luiz Abdalla⁴

Resumo

Trabalhos de pesquisa que permitam recomendações de manejo que aumentem a produtividade com sustentabilidade ambiental, com produtos menos agressivos ao meio ambiente e ganhos econômicos para o agricultor, são metas que devem merecer atenção especial. Este estudo teve como objetivo avaliar diferentes genótipos de soja na indução de resistência à ferrugem-asiática (FAS), por meio dos indutores abióticos acibenzolar-S-methyl (ASM) e silício, via aplicação foliar, e estudar o efeito do silicato de potássio e ASM na indução da síntese de compostos secundários de defesa (fenóis e taninos totais) em diferentes genótipos de soja. Foram avaliados cinco genótipos de soja com ciclos de maturação diferentes, utilizando os indutores de resistência ASM e silício (silicato de potássio fluido), ambos fornecidos por meio de aplicação foliar, associados ou isolados, além da aplicação isolada do fungicida e de uma testemunha absoluta (sem indutores

⁽¹⁾ *Engenheiro-agrônomo*, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

⁽²⁾ *Engenheiro-agrônomo*, doutor em Ciências (Nutrição Mineral de Plantas e Fertilidade do Solo), pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

⁽³⁾ *Engenheiro-agrônomo*, doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), analista de Pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

⁽⁴⁾ *Engenheiro-agrônomo*, doutor em Tecnologia Nuclear, professor associado da Universidade de São Paulo/Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

e fungicidas). A aplicação preventiva e associada de ASM e silício (silicato de potássio) aumenta a resposta bioquímica de defesa das plantas, por meio do aumento da síntese foliar de compostos fenólicos e taninos, não implicando, contudo, na diminuição da severidade da FAS. O tratamento com fungicida diminui a severidade da FAS e aumenta a produtividade; as cultivares apresentaram diferenças genéticas significativas entre si, em componentes de produção e síntese foliar de compostos fenólicos e taninos.

Termos para indexação: indução de resistência, acibenzolar-S-methyl, silicato de potássio, *Phakopsora pachyrhizi*.

Abiotic Inducers on the Response of Different Soybean Genotypes to Asian Rust and Yield Components

Abstract

Research studies that allow management recommendations to increase yield with environmental sustainability, with less harmful products for the environment and economic benefits for farmers, are objectives that should devote special attention. This study aimed to evaluate different soybean genotypes on the induction of resistance to Asian rust soybean (ARS), through abiotic inducers Acybenzolar-S-Methyl (ASM) and silicon foliar application, and study the effect of potassium silicate and ASM in inducing the synthesis of secondary defense compounds (phenols and tannins) in different soybean genotypes. Five genotypes of soybean with different maturation cycles was evaluated using the ASM and silicon (fluid potassium silicate); both supplied by foliar application alone or shared, in addition to individual application of fungicide and a control treatment (without inducers and fungicide). Preventive and associated of ASM and silicon (potassium silicate) application, increases the biochemical defense response of the plants, by increasing the synthesis of phenolic compounds leaf and tannins; however, do not imply decreased the severity of ARS. The fungicide treatment reduces the severity of ARS and increases yield; moreover, cultivars showed significant genetic differences among themselves in yield component and leaf synthesis of phenolic and tannins.

Index terms: induced resistance, acybenzolar-S-methyl, potassium silicate, *Phakopsora pachyrhizi*.

Introdução

A safra 2012/2013 da cultura da soja no Brasil alcançou um recorde de mais de 27,7 milhões de hectares de área plantada; uma variação positiva superior a 11% em relação à safra 2011/2012. Com isso, a produção superou 81 milhões de toneladas de grãos, 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 para esses estados e para o Brasil (IBGE, 2013).

Apesar dos avanços na produção, vários fatores podem reduzir a produtividade e aumentar os custos de produção, o que inclui o manejo fitossanitário. A ferrugem-asiática-da-soja – FAS (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P.Syd.) é uma das doenças mais importantes na cultura da soja no Brasil. Ela foi detectada pela primeira vez em 2001, no Brasil e, desde a safra agrícola de 2003/2004, tem sido constatada em todas as regiões produtoras de soja no País, exceto em Roraima (YORINORI et al., 2004). Até o momento algumas cultivares de soja disponíveis possuem genes maiores ou qualitativos de resistência (*Rpp1* a *Rpp6*), entretanto passíveis de serem suplantados pelo patógeno, o que torna a produção de soja altamente dependente de fungicidas, aumentando, assim, os custos de produção.

A indução da resistência local e sistêmica a doenças tem sido observada em diversas plantas, em resposta ao tratamento prévio do hospedeiro com agentes bióticos ou abióticos, denominados elicitores ou indutores de resistência (BONALDO et al., 2005; KUC, 1995). A utilização de elicitores na agricultura, com a finalidade de ativar os mecanismos de defesa da planta, desperta bastante interesse. Como exemplos de elicitores abióticos, pode-se citar a luz ultravioleta, CdCl₂, benzotiadiazol, goma xantana, ácido salicílico e o silício. Alguns componentes fúngicos, e de vegetais específicos, podem ser utilizados como elicitores bióticos (BÉLANGER et al., 1995; FOSKET, 1994; FRIEDRICH et al., 1996; ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005). Os indutores de resistência capacitam as plantas a responder à infecção de modo mais rápido que o normal, evitando que outros patógenos colonizem com sucesso o hospedeiro (MADAMANCHI; KUC, 1991).

Entre as substâncias sintéticas, o composto benzo[1,2,3]thiadiazole-7-ácido carbotiólico S-methyl ester (acibenzolar-S-methyl, BTH ou ASM), derivado do benzothiadiazole e um análogo funcional do ácido salicílico, tem sido citado como um agente ativador dos mecanismos de defesa de plantas, protegendo-as sistemicamente contra uma larga gama de doenças causadas por fungos e bactérias. O ASM pertence a uma nova categoria de compostos químicos sintéticos, denominados de "ativadores de plantas", capazes de induzir Resistência Sistêmica Adquirida (RSA), ativando os próprios mecanismos de defesa das plantas contra doenças (DI PIERO et al., 2005; RUESS et al., 1995). Trabalhos desenvolvidos em diversas culturas mostram a proteção do ASM contra diversas doenças e seu efeito sinérgico, quando utilizado com fungicidas (FRIEDRICH et al., 1996; GÖRLACH et al., 1996; MARTINS et al., 2000; RUESS et al., 1996; TÖFOLI et al., 2005). Dentre as doenças controladas com o ASM destacam-se o mofo-branco (DANN et al., 1998), a mela (MEYER et al., 2006) e as doenças de final de ciclo em soja (DALLAGNOL et al., 2006).

A resistência induzida pelo silício apresenta similaridades com a RSA. Nos dois casos, o potencial de defesa da planta é aumentado em sua expressão máxima após a infecção. Todavia, a resistência induzida pelo silício é perdida quando a fonte desse elemento é removida, enquanto a RSA é caracterizada por um efeito de longa duração. Resultados de pesquisa sugerem que o silício age no tecido do hospedeiro afetando os sinais entre este e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa da planta (SAMUELS et al., 1991; CHÉRIF et al., 1992a, b, 1994). Os mecanismos envolvidos na mitigação dos estresses bióticos e abióticos pela ação dos silicatos são, principalmente, pelo acúmulo do silício nos tecidos, promovendo maior resistência mecânica, fortificando estruturas das paredes celulares, e também pela ativação de mecanismos específicos, por meio de ativação de compostos secundários de defesa e sistemas antioxidantes, como as fitoalexinas, além da complexação ou co-precipitação de íons metálicos tóxicos (LIANG, 2005; MARSCHNER, 1995; NOJOSA et al., 2005). Os efeitos benéficos do silício, de modo geral, são expressos de forma mais evidente em condições de vários tipos de estresses bióticos e abióticos. Desse modo, a utilização do silício na agricultura torna-se particularmente

interessante quando considerado um anti-estressante natural (LIMA FILHO, 2009).

Os trabalhos que envolvem o uso do silício na cultura da soja são escassos, particularmente no que se refere à adubação foliar. O potencial de utilização de silicatos via solo ou foliar é grande na soja, em virtude dos resultados positivos observados. Dados obtidos com a suplementação do elemento mostram aumento no crescimento e produtividade (LIMA FILHO et al., 2005; LIMA FILHO; TSAI, 2006; MIYAKE; TAKAHASHI, 1985), funções fisiológicas (respiração, fotossíntese, atividades das raízes e redutase de nitrato) (LI et al., 2004), menor perda de água pela transpiração (KUPFER; KAHNT, 1992; LI et al., 2004) e maior atividade dos nódulos radiculares (LIMA FILHO et al., 2005; LIMA FILHO; TSAI, 2006).

Compostos fenólicos e silício acumulam-se nos sítios de infecção, cuja causa ainda não está esclarecida. O silício pode formar complexos com os compostos fenólicos e elevar a síntese e mobilidade destes no apoplasto. Uma rápida deposição de compostos fenólicos ou lignina nos sítios de infecção é um mecanismo de defesa contra o ataque de patógenos, e a presença de silício solúvel facilita este mecanismo de resistência (MENZIES et al., 1991). A aplicação foliar de silicato de potássio tem proporcionado redução na incidência da FAS (FIGUEIREDO et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2005; RODRIGUES et al., 2005; SOUZA et al., 2007). No entanto, estes trabalhos foram realizados com inoculação artificial do patógeno ou em casa de vegetação, na maioria das vezes em regiões que não são expressivas na produção de soja no Brasil, condições estas que podem ter limitado a diversidade de populações do patógeno a incidir sobre as plantas, favorecendo o patógeno ou o hospedeiro.

As pesquisas relacionando o uso do silicato de potássio e o acibenzolar-S-metil, sozinhos ou associados, em soja, são escassas e não conclusivas, principalmente em condições de campo. Dessa forma, este trabalho baseou-se nas hipóteses de que o uso de indutores de resistência sistêmica pode conduzir a um menor uso de fungicidas e ao aumento diferenciado da resistência induzida de genótipos de soja à FAS, com aumento da produtividade, bem como modificar a síntese de compostos fenólicos.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os indutores ASM e silicato de potássio, via aplicação foliar, em diferentes genótipos de soja, com ocorrência natural da FAS no campo, quanto aos efeitos na indução de resistência a FAS, componentes de produção e síntese de compostos secundários de defesa.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos por duas safras (2008/2009 e 2009/2010), no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22° 16' 30" S, longitude de 54° 49' 00" W e 408 m de altitude. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x5, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de seis fileiras de 6,0 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,45 m. Foram eliminadas as duas fileiras laterais e 0,50 m das extremidades das fileiras centrais, para evitar os efeitos de bordadura, constituindo-se uma área útil de 9,0 m². Os ensaios foram implantados em épocas mais tardias, em 21/11/2008 e 10/12/2009, nas safras 2008/2009 e 2009/2010, respectivamente, como estratégia de aumentar a incidência natural da FAS.

Foram avaliados cinco genótipos de soja, entre convencionais e transgênicos (resistentes ao glifosato) com ciclos de maturação diferentes (Tabela 1), utilizando os indutores de resistência acibenzolar-S-methyl (ASM) – equivalente a 35 g ha⁻¹, e o silicato de potássio fluido (K₂SiO₃) na dose de 1,4 L ha⁻¹, equivalente a 235,2 g Si ha⁻¹, ambos fornecidos por meio de aplicação foliar, associados ou isolados, além da aplicação isolada de fungicida e de uma testemunha absoluta (sem indutores e sem fungicida), com volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Tabela 1. Características dos genótipos de soja avaliados quanto ao efeito de indutores de resistência sistêmica à ferrugem-asiática-da-soja, em condições de campo, nas safras 2009/2010 e 2010/2011, Dourados, MS.

Genótipo	GMR	Ciclo
BRS 239	6.9	Semiprecoce
BRS 285	7.3	Médio
BRS 319RR	6.5	Precoce
BRS 291RR	6.6	Semiprecoce
BRS FavoritaRR	7.9	Semitaradio

Nota: GMR = Grupo de Maturidade Relativa.

Para cada genótipo, os tratamentos foram constituídos da seguinte forma:

- 1) T1 – Sem aplicação de indutores e nem de fungicida (testemunha absoluta).
- 2) T2 – Duas aplicações de fungicida (controle fungicida).
- 3) T3 – Aplicações sequenciais de ASM.
- 4) T4 – Aplicações sequenciais de silicato de potássio.
- 5) T5 – Aplicações sequenciais de ASM e silicato de potássio, associados.

Essas combinações foram repetidas com os cinco genótipos de soja, constituindo, dessa forma, 25 tratamentos por repetição. Importante ressaltar que todos os genótipos testados são suscetíveis à FAS. As aplicações de fungicidas, do ASM e do silicato de potássio foram efetuadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂, com vazão de 200 L ha⁻¹ e bico tipo leque. Utilizou-se o fungicida composto de mistura comercial de azoxistrobina + ciproconazole (60 + 24 gramas de ingrediente ativo por hectare, respectivamente) acrescido de óleo mineral parafínico (0,5% do volume da calda de aplicação). Nos tratamentos com fungicida, a primeira aplicação foi realizada no início do florescimento das plantas e a segunda 21 dias após a primeira.

As aplicações de ASM e silicato de potássio foram realizadas da seguinte forma: uma aplicação preventiva em torno do dia 21 de janeiro, de cada safra,

em que as plantas mais precoces encontravam-se no estágio V8 (sétimo nó, sexto trifólio aberto); uma aplicação duas semanas após o surgimento dos primeiros sintomas (meados de fevereiro). Posteriormente, esses indutores foram aplicados, pela última vez, 21 dias após o surgimento dos primeiros sintomas no experimento. As observações de rotina foram realizadas na área total da parcela.

O manejo fitotécnico foi realizado de acordo com as indicações técnicas (TECNOLOGIAS..., 2014). As características agrônômicas e bioquímicas avaliadas em cada ano foram:

- I. Peso de mil grãos (P1000), obtido pela média de 10 plantas coletadas aleatoriamente na área útil das parcelas.
- II. Produtividade de grãos (REND), obtida a partir da massa de grãos oriunda da área útil das parcelas (debulhadas e limpas), corrigida para 13% de umidade e expressa em kg ha^{-1} .
- III. Severidade (SEV) avaliada quando a maioria das cultivares apresentavam o estágio R5.5, de acordo com escala diagramática apresentada por GODOY et al. (2006), em porcentagem.
- IV. Produção de compostos fenólicos totais (FT), taninos totais (TT) e taninos condensados (TC) (MAKKAR; 2000; PORTER et al., 1986). Estas análises foram realizadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA – USP), Piracicaba, SP. As coletas das folhas foram realizadas no início do aparecimento dos sintomas da FAS, somente na safra 2009/2010.

As análises de variância e os testes de comparação de médias foram realizados com o auxílio do programa estatístico SAS, versão 9.3, do SAS Institute Inc., Cary, NC.

Resultados e Discussão

Foram observados efeitos significativos ($p < 0,01$) do fator safra (S), para a maioria das variáveis avaliadas, exceto SEV (Tabela 2). Evidenciou-se também que as cultivares (CULT) diferiram entre si, para todos os caracteres avaliados. O fator tratamento (TRAT) – testemunha e aplicação dos indutores de resistência ou fungicida – e a interação safras x tratamentos (SxTRAT) apresentaram efeitos significativos para as variáveis peso médio de mil grãos (P1000), rendimento (REND) e severidade (SEV). Neste caso, para estas características, os tratamentos obtiveram respostas diferenciadas dentro de cada safra. Por outro lado, a interação tripla (SxTRATxCULT) não foi significativa para todas as variáveis em estudo, e a interação safras x cultivares (SxCULT) não diferiu somente para a variável P1000. No entanto, a interação tratamentos x cultivares (TRATxCULT) foi significativa ($p < 0,05$) somente para a variável SEV, onde os tratamentos responderam de modo diferenciado para cada cultivar e, ainda, as cultivares expressaram respostas diferentes aos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres peso de mil grãos (P1000) em gramas, rendimento de grãos (REND), kg ha^{-1} , e severidade de FAS (SEV) em porcentagem, safras 2008/2009 e 2009/2010, Dourados, MS.

Fontes de Variação	GL	QM		
		P1000	REND	SEV
BLOCO/ANO	6	131,95	254.063,29	42,02
SAFRA (S)	1	5.439,46**	793.530,79**	1,09 ^{ns}
TRATAMENTO (TRAT)	4	184,30**	822.427,92**	58,21**
CULTIVAR (CULT)	4	1.658,91**	1.077.466,16**	14,11**
SxTRAT	4	119,39**	282.627,62**	56,83**
SxCULT	4	137,07 ^{ns}	526.551,32**	27,76**
TRATxCULT	16	48,22 ^{ns}	64.387,35 ^{ns}	4,95*
SxTRATxCULT	16	51,13 ^{ns}	92.061,90 ^{ns}	4,61 ^{ns}
Erro	143	51,32	72.435,48	2,59
CVe ⁽¹⁾ (%)	-	6,72	13,34	10,15
Média geral	-	106,66	2.017,52	15,88

Nota: *, ** e ns = significativo pelo teste F ($p < 0,05$, $p < 0,01$) e não significativo, respectivamente;

⁽¹⁾CVe: Coeficiente de Variação experimental.

Observou-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) de tratamento e cultivar para todas as variáveis analisadas na produção de compostos fenólicos (fenóis totais, taninos totais e taninos condensados), avaliadas na safra 2009/2010 (Tabela 2); entretanto, a interação tratamento x cultivar foi significativa somente para fenóis totais ($p < 0,05$). Todas as variáveis obtiveram CVe abaixo de 25% (Tabelas 2 e 3), indicando boa precisão experimental.

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos compostos fenólicos totais (FT), taninos totais (TT) e taninos condensados (TC), safra 2009/2010, Dourados, MS.

FV	GL	QM		
		FT	TT	TC
Bloco	3	2,99	3,00	0,01
Tratamento (TRAT)	4	157,72**	77,40**	0,05**
Cultivar (CULT)	4	89,46**	63,38**	0,05**
TRAT x CULT	16	12,55*	6,95 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Erro	71	6,21	4,08	0,01
CVe ⁽¹⁾ (%)	-	7,67	9,72	20,80
Média geral	-	32,47	20,78	0,50

Nota: *, ** e ns = significativo pelo teste F ($p < 0,05$, $p < 0,01$) e não significativo, respectivamente;
⁽¹⁾CVe: Coeficiente de Variação experimental.

As produtividades médias dos experimentos, nas duas safras, foram inferiores às do Estado de Mato Grosso do Sul, de 2.436 kg ha⁻¹ e 3.100 kg ha⁻¹, nas safras 2008/2009 e 2009/2010, respectivamente (CONAB, 2014). A baixa produtividade média dos experimentos e das cultivares ocorreu em consequência de dois fatores:

- 1) Os experimentos foram semeados tardiamente, fora da época preferencial quanto ao fotoperíodo, ocasionando menor desenvolvimento das cultivares.
- 2) Todas as cultivares testadas neste estudo apresentam tipo de crescimento determinado, característica que otimiza ainda mais o efeito do fotoperíodo na cultura da soja, e combinado com a semeadura fora do período indicado pode reduzir expressivamente o potencial produtivo das cultivares.

Fietz e Rangel (2008) estudaram a época de semeadura da soja, na região de Dourados, MS, em função da deficiência hídrica e do fotoperíodo, e concluíram que a melhor época, considerando os dois fatores, ocorre no mês de novembro, preferencialmente até meados do mês. As produtividades médias das cultivares variaram de 1.824,40 kg ha⁻¹ a 2.116,14 kg ha⁻¹, na safra 2008/2009, e 1.742,41 kg ha⁻¹ a 2.416,28 kg ha⁻¹ na safra 2009/2010 (Tabela 4). Tais resultados enfatizam a importância de avaliar a interação de cultivares com ambientes (locais, anos, safras), na tentativa de dirimir esse fenômeno e indicar cultivares mais estáveis e adaptadas às diferentes variações do ambiente (CRUZ; CARNEIRO, 2014). No presente estudo, observa-se que a BRS 239 apresentou maior estabilidade produtiva dentre as cultivares testadas, com médias acima de 2.000 kg ha⁻¹, em ambas as safras (Tabela 4).

Tabela 4. Rendimento médio de grãos (REND) e severidade média da ferrugem-asiática (SEV), na avaliação da interação de diferentes cultivares, em duas safras agrícolas consecutivas.

Cultivar	Safr			
	2008/2009	2009/2010	2008/2009	2009/2010
	REND ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹)		SEV ⁽¹⁾ (%)	
BRS 239	2.067,74 bB	2.416,28 aA	15,50 aA	15,22 aA
BRS 285	1.946,22 bC	2.165,63 aB	16,35 aA	14,92 bA
BRS 319RR	1.824,40 bD	2.126,82 aC	15,67 bA	18,06 aA
BRS 291RR	2.116,14 aA	1.964,63 aD	15,37 aA	15,75 aA
BRS Favorita RR	1.829,20 aD	1.742,41 aE	16,85 aA	15,04 bA
Médias safra	1.956,74 b	2.083,16 a	15,95 a	15,80 a

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelos testes de F e Tukey, respectivamente ($p < 0,05$).

A produtividade média do experimento na safra 2009/2010 foi superior (Tabela 4), resultado condizente com o que pode ser observado pelas condições climáticas (Figura 1). Verificou-se que houve pequenas variações na temperatura e umidade médias entre as safras, sendo a precipitação na safra 2009/2010, entre novembro e dezembro, superior à safra 2008/2009, garantindo melhor desenvolvimento das plantas de soja, durante toda a fase vegetativa e o início da reprodutiva. Além disso, na safra 2008/2009, o volume de chuva foi inferior entre os meses de janeiro e fevereiro, coincidindo com fases críticas, como formação de vagens e enchimento de grãos, o que contribuiu para maior estresse das plantas nesta safra e, conseqüentemente, menor média produtiva.

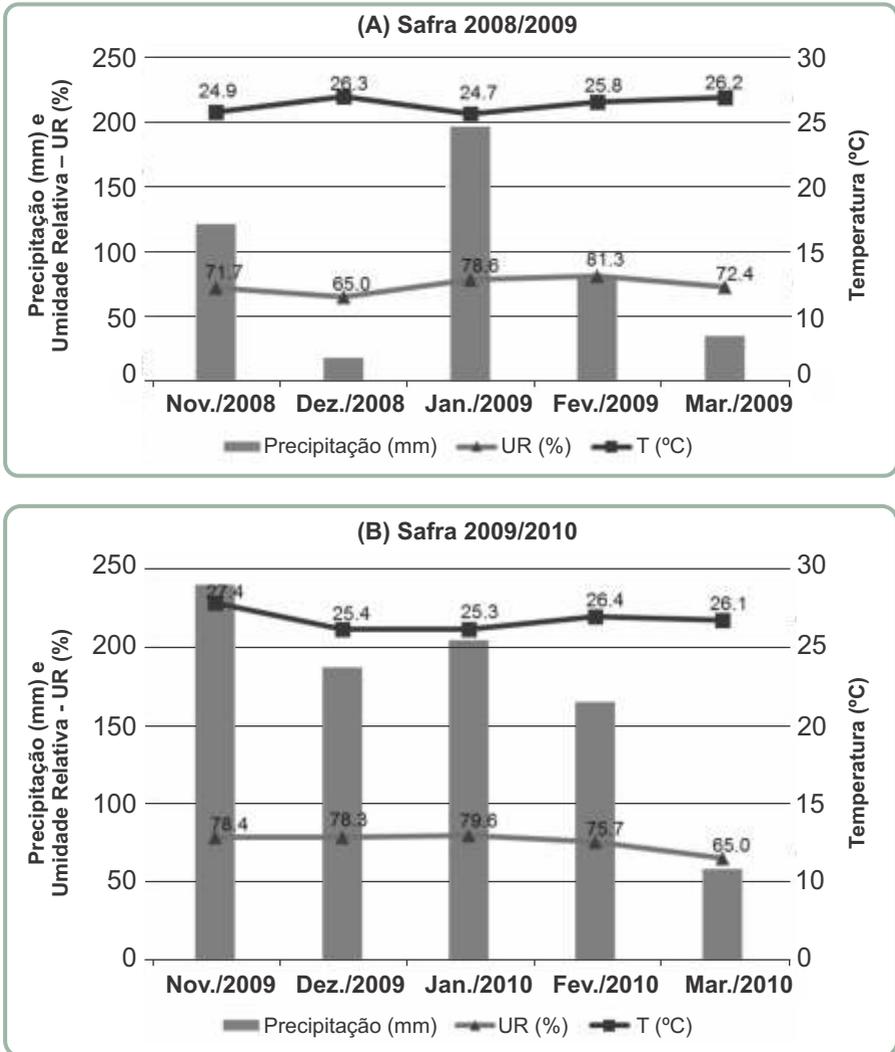


Figura 1. Valores médios de precipitação (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média do ar (°C) durante a condução dos experimentos, nas safras 2008/2009 (A) e 2009/2010 (B), em Dourados, MS.

Fonte: Embrapa Agropecuária Oeste (2014).

Neste trabalho, a incidência da FAS foi baixa, não sendo detectadas diferenças significativas da severidade entre as duas safras agrícolas (Tabela 4). A cultivar BRS 319RR apresentou menor severidade na safra 2008/2009, em relação à safra 2009/2010, enquanto as cultivares BRS 285 e BRS Favorita RR obtiveram as menores severidades na safra 2009/2010 (Tabela 4). No entanto, não houve variação significativa entre as médias das cultivares, dentro de cada ano, para a variável severidade. Este fato pode ser explicado pela incidência tardia da doença, em ambas as safras, em que a maioria das cultivares encontrava-se entre os estádios R4 e R5. Estudos indicam que quando a FAS incide sobre a cultura com intensidade maior do que no presente trabalho, ocorre desfolha precoce, podendo reduzir o enchimento de grãos pelo comprometimento na granação. Quando a doença atinge a cultura no início da formação das vagens ou da granação ocorrem abortos e queda de vagens. Neste caso, o número de vagens pode expressar melhor o potencial da cultivar do que a produtividade final (CARNEIRO, 2007; DUARTE et al., 2009; KOGA, 2008).

As variáveis peso de mil grãos e severidade foram significativas somente na safra 2009/2010, quanto ao efeito dos tratamentos com fungicida ou indutores (Tabela 5). Na safra 2009/2010, o uso do fungicida aumentou significativamente o peso de mil grãos em cerca de 8,8%, comparado à testemunha, porém não diferiu da aplicação dos indutores (Tabela 5). Considerando a aplicação do fungicida e indutores, o uso do fungicida permitiu aumento significativo de produtividade de 3,6% a 26% em relação aos demais tratamentos, incluindo a testemunha (sem controle), nas safras 2008/2009 e 2009/2010, respectivamente (Tabela 5). Na safra 2008/2009, o uso do silicato proporcionou produtividade menor que a testemunha sem controle, e a aplicação conjunta dos indutores resultou na segunda maior média de produtividade, estatisticamente superior à testemunha, enquanto na safra 2009/2010 a segunda maior média produtiva foi obtida quando foi aplicado isoladamente o silicato de potássio, significativamente superior à testemunha.

Tabela 5. Peso médio de mil grãos (P1000), rendimento médio de grãos (REND) e severidade média da ferrugem-asiática (SEV), na avaliação da interação de diferentes tratamentos, em duas safras agrícolas consecutivas, em Dourados, MS

Tratamento ⁽¹⁾	Safrá							
	2008/2009		2009/2010		2008/2009		2009/2010	
	P1000 ⁽²⁾ (gramas)		REND ⁽²⁾ (kg ha ⁻¹)		SEV ⁽²⁾ (%)			
Test	113,76 aA	98,76 bB	1.937,07 bD	1.998,28 aC	16,27 aA	16,68 aA		
Fung	112,97 aA	107,48 bA	2.078,74 bA	2.469,79 aA	15,87 aA	11,58 bB		
ASM	108,94 aA	99,63 bAB	1.948,44 aC	1.959,02 aE	16,25 aA	16,73 aA		
Si	112,01 aA	100,16 bAB	1.813,40 bE	2.008,07 aB	15,57 bA	17,40 aA		
ASM+Si	111,93 aA	101,26 bAB	2.006,05 aB	1.980,62 aD	15,77 aA	16,61 aA		

⁽¹⁾Test: testemunha absoluta, sem aplicação de fungicida e indutores (aplicada água destilada esterilizada); Fung: controle via duas aplicações de fungicida; ASM: aplicação de Acibenzolar-S-Methyl, via foliar, isoladamente; Si: Aplicação de silicato de potássio fluido, via foliar, isoladamente; ASM+Si: Aplicação associada dos dois indutores de resistência avaliados no estudo.

⁽²⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelos testes de F e Tukey, respectivamente ($p < 0,05$).

Observa-se que o manejo com o fungicida proporcionou produtividades maiores e estáveis, em ambas as safras, enquanto os indutores apresentaram forte variação, o que indica uma maior influência ambiental na eficiência do ASM e Si. Assim, verifica-se que em ambiente mais desfavorável, em termos de estresse hídrico, exemplificado pela safra 2008/2009, o ASM apresentou maior eficiência em relação à testemunha e ao Si, apesar da não significância na severidade da doença. Por outro lado, em ambiente favorável, ilustrado pela safra 2009/2010, o Si proporcionou maior ganho produtivo comparado ao ASM e à testemunha. Na safra 2009/2010, a menor média de produtividade foi atingida quando se utilizou o ASM isoladamente (Tabela 5). Este resultado pode ser explicado em função do maior gasto energético da planta em metabolizar o ASM, desviando a rota metabólica de produção de grãos. Estudos indicam que a indução da resistência por meio dos indutores químicos, antes de ocorrer a infecção, desvia o metabolismo energético de sua rota normal, podendo resultar em perdas na produção (CHÉRIF et al., 1994; DANN et al., 1998).

A correlação entre a produtividade e a severidade foi baixa e não significativa ($r = 0,16$, $p > 0,01$), na safra 2008/2009, indicando ausência de associação entre as variáveis. Este resultado foi obtido, provavelmente, pela baixa severidade da doença e pela diferença não significativa do uso do fungicida, em relação à testemunha e aos indutores (Tabela 5). Já na safra 2009/2010, a correlação entre as duas variáveis foi negativa ($r = -0,51$, $p > 0,01$); esta correlação, apesar de não significativa, indica uma certa associação entre as variáveis, sendo que quanto maior a produtividade menor a severidade e vice-versa. Nesta safra, o efeito do fungicida foi estatisticamente diferente dos outros tratamentos, confirmando o resultado esperado ao realizar o controle com fungicida (Tabela 5).

Na safra 2009/2010, o efeito da aplicação do fungicida foi significativo na redução da severidade, implicando em uma diminuição de 30% da severidade, relativo à testemunha (Tabela 5). No entanto, o uso dos indutores não apresentou diferença em severidade quando comparado com a testemunha. Ao analisar a interação com as safras (anos), observa-se que a aplicação do fungicida proporcionou menor severidade na safra 2009/2010. Já a aplicação do silicato de potássio (Si), isoladamente, foi mais eficiente na safra 2008/2009, comparada à safra 2009/2010, enquanto os outros tratamentos com indutores não apresentaram diferenças significativas entre as safras (Tabela 5).

Nolla et al (2006) não obtiveram redução da FAS, porém a severidade da mancha-olho-de-rã e míldio foram reduzidas significativamente com o uso do silicato de cálcio, via solo. Por outro lado, Rodrigues et al. (2009), em ensaios de campo e casa de vegetação, com inoculação artificial do patógeno 20 dias após a emergência das plantas, obtiveram resultados positivos na diminuição da intensidade da FAS, utilizando silicato de potássio via foliar.

Independentemente do tratamento utilizado – testemunha, fungicida ou indutores – não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares quanto à média de severidade nas condições deste trabalho (Tabela 6). A eficiência do fungicida no controle da FAS variou de acordo com as cultivares estudadas. O tratamento com duas aplicações do fungicida proporcionou menor severidade para as cultivares BRS 239, BRS 285, BRS 319 RR e

BRS 291 RR. A eficiência do fungicida foi significativa, comparada aos outros tratamentos, nas cultivares BRS 319RR e BRS 291RR. Já na cultivar BRS 239, a aplicação do fungicida reduziu significativamente a severidade somente quando comparada à aplicação isolada do indutor ASM. Por outro lado, na cultivar BRS 285, o tratamento com duas aplicações do fungicida não diferiu das aplicações dos indutores, isoladamente ou em conjunto.

Tabela 6. Severidade média da ferrugem-asiática-da-soja em plantas de soja na interação dos diferentes tratamentos com as diferentes cultivares (TRAT x CULT), média das safras agrícolas 2008/2009 e 2009/2010, Dourados, MS.

Cultivar	Tratamento ⁽¹⁾				
	Test	Fung	ASM	Si	ASM+Si
BRS 239	15,08 abA	13,91 bA	16,71 aA	16,06 abA	15,03 abA
BRS 285	16,81 aA	13,86 bA	15,80 abA	15,90 abA	15,81 abA
BRS 319RR	18,82 aA	13,46 bA	16,75 aA	17,72 aA	17,58 aA
BRS 291RR	15,22 aA	12,90 bA	16,63 aA	16,76 aA	16,28 aA
BRS Favorita RR	16,43 aA	14,51 aA	16,55 aA	16,00 aA	16,23 aA

⁽¹⁾Test: testemunha absoluta, sem aplicação de fungicida e indutores (aplicado água destilada esterilizada); Fung: controle via duas aplicações de fungicida; ASM: aplicação de acibenzolar-S-methyl, via foliar, isoladamente; Si: aplicação de silicato de potássio, via foliar, isoladamente; ASM+Si: aplicação associada dos dois indutores de resistência avaliados no estudo.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Duarte et al. (2009) avaliaram a eficiência de ASM, silicato de potássio e alguns fungicidas no controle da FAS, em condições de campo. Não houve efeito do silicato, tanto na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) como da severidade da doença, enquanto o ASM teve um efeito intermediário entre a testemunha e o melhor tratamento (tebuconazole), semelhante ao tratamento com mancozeb.

Vários trabalhos de pesquisa atestam que produtos que induzem a resistência natural das plantas no controle ou diminuição da severidade de

doenças, são importantes para minimizar o uso de fungicidas (DANN et al., 1998; GUEST; BROWN, 1997; ROESE et al., 2012; SILVA et al., 2013). No presente estudo, entretanto, a aplicação de indutores não reduziu a severidade da FAS, sendo que as plantas de soja tratadas com indutores apresentaram severidade da doença semelhante às plantas do tratamento testemunha (Tabela 6). Pereira et al. (2009) obtiveram diminuição na severidade da FAS com a aplicação de silicato de potássio e ASM, não havendo, porém, potencialização na atividade das enzimas estudadas – quitinases, beta-1-3-gluconases, peroxidases, polifenoloxidasas, lipoxigenases e fenilalanina amônia-liase. Todavia, o referido estudo foi realizado em ambiente controlado e com inoculação artificial do patógeno. Nessas condições, os autores aventaram a possibilidade do efeito direto dos produtos testados sobre o fungo. Silva et al. (2013) estudaram diferentes fontes comerciais de fosfito e ASM, associados à aplicação de fungicida, no controle de míldio, oídio e da FAS. Esses autores concluíram que os indutores reduziram a área abaixo da curva de progresso do míldio, porém não foram efetivos sobre o oídio e a ferrugem.

Ao contrário do esperado, a aplicação do silicato de potássio diminuiu o teor de fenóis e taninos nas folhas, do mesmo modo como ocorreu com a aplicação do fungicida (Tabela 7). No entanto, a aplicação associada de ASM + silicato de potássio aumentou significativamente a síntese desses compostos secundários de defesa, seguida pela aplicação isolada do ASM, apesar de não haver correspondência proporcional na diminuição da FAS.

Considerando a produção de taninos condensados, uma fração dos taninos totais, a aplicação conjunta dos indutores proporcionou o maior incremento no teor deste composto, significativamente superior aos tratamentos testemunha e com duas aplicações de fungicida. Entretanto, não diferiu das aplicações isoladas dos indutores (Tabela 7).

Entre as cultivares, a BRS 285 apresentou a menor produção de taninos e fenóis totais (Tabelas 8 e 9). A cultivar BRS 239 destacou-se pela maior síntese de taninos totais e condensados, não diferindo da BRS 319RR (Tabela 7).

Tabela 7. Teor foliar de taninos totais e taninos condensados em plantas de soja submetidas à aplicação de fungicidas ou indutores de resistência sistêmica (tratamentos), safra 2009/2010, Dourados, MS.

Tratamento ⁽¹⁾	Taninos Totais (TT)	Taninos Condensados (TC)
	Equivalentes de ácido tânico (100 g de matéria seca) ⁻¹	
Test	20,75 BC ⁽²⁾	0,46 B
Fung	19,17 C	0,45 B
ASM	21,02 B	0,53 AB
Si	18,98 C	0,53 AB
ASM+Si	23,90 A	0,56 A

⁽¹⁾Test: testemunha absoluta, sem aplicação de fungicida e indutores (aplicado água destilada esterilizada); Fung: controle via duas aplicações de fungicida; ASM: aplicação de acibenzolar-S-methyl, via foliar, isoladamente; Si: aplicação de silicato de potássio, via foliar, isoladamente; ASM+Si: aplicação associada dos dois indutores de resistência avaliados no estudo.

⁽²⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 8. Teor foliar de taninos totais e taninos condensados em cultivares de soja na safra 2009/2010, Dourados, MS.

Cultivar	Taninos Totais (TT)	Taninos Condensados (TC)
	Equivalentes de ácido tânico (100 g de matéria seca) ⁻¹	
BRS 239	22,92 A ⁽¹⁾	0,50 AB
BRS 285	18,06 C	0,51 AB
BRS 319RR	21,59 AB	0,59 A
BRS 291RR	20,80 B	0,44 B
BRS Favorita RR	20,46 B	0,49 B

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 9. Teor foliar de fenóis totais (FT), em equivalentes de ácido tânico por cem gramas de matéria seca, de diferentes cultivares de soja submetidas à aplicação de fungicidas ou indutores de resistência sistêmica, safra 2009/2010, Dourados, MS.

Cultivar	Tratamento ⁽¹⁾				
	Test	Fung	ASM	Si	ASM+Si
BRS 239	37,19 abA ⁽²⁾	32,14 cdA	35,51 bcA	27,38 dA	41,01 aA
BRS 285	28,52 abA	28,28 abA	29,19 abA	26,36 bA	33,13 aA
BRS 319RR	33,31 aA	32,11 aA	33,62 aA	33,15 aA	35,27 aA
BRS 291RR	34,34 abA	31,35 bA	33,01 abA	30,20 bA	36,89 aA
BRS Favorita RR	31,35 bA	29,67 bA	30,96 bA	29,74 bA	37,73 aA
Média Tratamento	32,94 b	30,71 cd	32,46 bc	29,36 d	36,8 a

⁽¹⁾Test: testemunha absoluta, sem aplicação de fungicida e indutores (aplicado água destilada esterilizada); Fung: controle via duas aplicações de fungicida; ASM: aplicação de acibenzolar-S-methyl, via foliar, isoladamente; Si: aplicação de silicato de potássio, via foliar, isoladamente; ASM+Si: aplicação associada dos dois indutores de resistência avaliados no estudo.

⁽²⁾Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ao avaliar a interação das cultivares com os tratamentos, como efeito na síntese de fenóis totais, observou-se que não houve diferenças entre as cultivares, dentro de cada tratamento, na média dos teores de fenóis totais (Tabela 9). Ao contrário, a produção de fenóis totais foi superior quando se aplicou os indutores ASM e silicato de potássio conjuntamente, para a maioria das cultivares testadas, indicando um sinergismo dos indutores na síntese de fenóis totais. Efeito oposto foi obtido por Silva et al. (2008), que constataram efeito antagônico do silicato de potássio com o ASM, ao estudarem o uso de indutores para aumento de resistência do cacaueteiro à vassoura-de-bruxa. Os autores verificaram que o ASM promoveu controle significativo da doença, ao passo que o silicato de potássio não foi efetivo. Além disso, o efeito do ASM no aumento da resistência da planta à *C. pernicioso* foi anulado com a associação do silicato com o ASM. Roese et al. (2012) obtiveram redução de uma aplicação de fungicida, quando o silicato de potássio ou ASM + silicato de potássio foram aplicados preventivamente, sem prejuízo da

produtividade. A aplicação isolada desses produtos, entretanto, não foi eficiente no controle da FAS.

A cultivar BRS 319RR foi a única que não apresentou diferenças significativas no teor médio de fenóis totais, entre os tratamentos testemunha, duas aplicações de fungicida e as aplicações de indutores (Tabela 9). A resposta bioquímica de plantas à presença de elicitores ou de fungicidas, em relação à produção de substâncias fenólicas, é variável nos poucos estudos realizados.

Plantas de cevada, tratadas com o fungicida epoxiconazole + piraclostrobina, apresentaram teores foliares de fenóis semelhantes à testemunha, ao passo que as plantas tratadas com indutores de resistência (goma xantana e alicina) diminuíram a síntese dos fenóis. No entanto, os indutores foram tão efetivos quanto o fungicida no controle do patógeno *Bipolaris sorokiniana* (ANTONIAZZI et al., 2008).

Uchôa et al. (2014) estudaram a indução da resistência à sigatoka-negra da bananeira, com a aplicação dos indutores ASM e silicato de potássio. Alguns tratamentos de aplicação associada desses indutores e um tratamento de ASM aplicado isoladamente (menor dose) reduziram a severidade da doença, além de induzir a síntese conjunta de lignina e fenóis. Ao contrário, somente o uso do silicato de potássio não foi eficiente no controle da doença.

Outros estudos com fungicidas mostram incremento no teor de fenóis. Por exemplo, o uso do fungicida triadimefon, para o controle da ferrugem (*Melampsora medusae*), aumentou significativamente a concentração apoplástica de fenóis em álamo (*Populus nigra*) (JOHNSON; KIM; 2005). Resultados de pesquisa, realizada com plantas de soja inoculadas com *P. pachyrhizi* e cultivadas em solução nutritiva, com doses crescentes de silício, apresentaram redução na curva de progressão do número de lesões, havendo, ainda, aumento no teor de clorofila, carotenoides e lignina (LIMA et al., 2010).

Poucos trabalhos foram realizados com acibenzolar-S-metil na cultura da soja. Dann et al. (1998) obtiveram redução significativa na severidade de mofo-branco em soja, utilizando ASM, principalmente em cultivares mais

suscetíveis. Dallagnol et al. (2006) testaram a associação de ASM com fungicidas para o controle de doenças foliares de final de ciclo em soja. A inclusão de ASM no programa de controle químico de doenças foliares aumentou a eficiência dos fungicidas na maioria das avaliações, com variação entre cultivares. A aplicação de ASM, tanto nas sementes como via foliar, aumentou a atividade da quitinase (usada como marcador bioquímico de resistência induzida) em soja, mas diminuiu o número de nódulos de *B. japonicum* (FAESSEL et al., 2010). O uso isolado de ASM no tratamento de sementes reduziu a AACPD, além de apresentar sinergismo com os fungicidas flutriafol, piraclostrobin e azoxystrobin (DEBONA et al., 2009).

De maneira geral, houve tendência de maior produção de taninos e fenóis totais em cultivares que possuem resistência às duas principais espécies de nematoides de galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*), como foi o caso da BRS 239 e BRS 319RR (TECNOLOGIAS..., 2014). Por outro lado, a BRS Favorita RR também apresenta resistência a esses nematoides e obteve uma síntese dos compostos secundários abaixo das cultivares BRS 239 e BRS 319RR (Tabela 8). Nesse caso, provavelmente o ciclo mais tardio da BRS Favorita RR influenciou na menor síntese de taninos e fenóis totais, pelo fato desta ter ficado mais tempo exposta à incidência da FAS. Rocha et al. (2000) avaliaram, em condições de casa de vegetação, o efeito da aplicação do ASM na indução da resistência sistêmica ao nematoide de cisto da soja. Os resultados indicaram que não houve efeito significativo do ASM na redução do número de fêmeas de *Heterodera glycines* e de cistos.

Muitas vezes, trabalhos realizados em condições controladas podem superestimar a eficiência do indutor, tanto pela ausência de outros fatores interferentes existentes em condições de campo, tais como temperatura, umidade do ar, precipitação e incidência da doença, quanto pela proximidade temporal da inoculação do patógeno com a aplicação do indutor. Os resultados deste trabalho indicam que há forte interação ambiental com os indutores, sinalizando para que novas investigações científicas serão necessárias para elucidar melhor esses aspectos. Ademais, foi possível averiguar a importância dos indutores em garantir maior produção de compostos fenólicos e taninos associados a rotas metabólicas da indução de resistência.

Conclusões

- A aplicação preventiva dos indutores de resistência sistêmica, acibenzolar-S-metil (ASM) e silicato de potássio (Si), isolados ou em conjunto, não diminuem a severidade da ferrugem-asiática-da-soja.
- A aplicação associada dos indutores (ASM+Si) promove efeitos sinérgicos no aumento da resposta bioquímica de defesa das plantas, por meio do incremento da síntese foliar de compostos fenólicos e taninos.
- O tratamento com fungicida diminui a severidade da ferrugem-asiática-da-soja e aumenta a produtividade.

Referências

ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C.; BACH, E. E. Effect of xanthan gum and allicin as elicitors against *Bipolaris sorokiniana* on barley in field experiments. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 115, n. 3, p. 104-107, 2008.

ATHAYDE SOBRINHO, C.; FERREIRA, P. T. de; CAVALCANTI, L. S. Indutores abióticos. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V. de; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap. 3, p. 51-80.

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.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap. 1, p. 11-28.

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, USP, Piracicaba.

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, St. Paul, v. 84, n. 3, p. 236-242, 1994.

CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 41, n. 6, p. 411-425, 1992a.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 41, n. 5, p. 371-385, 1992b.

CONAB. **Séries históricas**: soja. Brasília, DF, [2014]. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 16 out. 2014.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. v. 2, 668 p.

DALLAGNOL, L. J.; NAVARINI, L.; UGALDE, M. G.; BALARDIN, R. S.; CATELLAM, R. Utilização de acibenzolar-S-methyl para controle de doenças foliares da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 255-259, 2006.

DANN, E. B.; DIERS, J. B.; HAMMERSCHMIDT, R. Effect of treating soybean with 2,6 dichloroisonicotinic acid (INA) and benzothiadiazole (BTH) on seed yields and the level of disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in field and greenhouse studies. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 104, n. 3, p. 271-278, 1998.

DEBONA, D.; FIGUEIRO, G. G.; CORTE, G. D.; NAVARINI, L.; DOMINGUES, L. da S.; BALARDIN, R. S. Efeito do tratamento de sementes com fungicidas e acibenzolar-S-methyl no controle da ferrugem asiática e crescimento de plântulas em cultivares de soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 26-31, 2009.

DI PIERO, R. M.; GARCIA JÚNIOR.; D.; TONUCCI, N. M. Indutores bióticos. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap. 1, p. 29-50.

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, 2009.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Guia clima**. Dourados, [2014]. Disponível em: <<http://clima.cpa.embrapa.br/>>. Acesso em: 15 out. 2014

FAESSEL, L.; NASSR, N.; LEBEAU, T.; WALTER, B. Chemically-induced resistance on soybean inhibits nodulation and mycorrhization. **Plant and Soil**, The Hague, v. 329, n. 1/2, p. 259-268, 2010.

FIETZ, C. R.; RANGEL, M. A. S. Épocas de semeadura da soja para a região de Dourados - MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 666-672, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n8/a22213cr2012-0950.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2014.

FIGUEIREDO, F. C.; SILVA JUNIOR, J.; BOTREL, P. P.; LIMA, L. M.; REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; RODRIGUES, C. R. Efeito de fontes e doses de silício líquido solúvel na ferrugem asiática e produção da soja em casa-de-vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **[Resumos...]**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2007. p. 43-46.

FOSKET, D. E. **Plant growth and development: a molecular approach**. San Diego: Academic Press, 1994. 580 p.

FRIEDRICH, L.; LAWTON, K.; RUESS, W.; MASNER, P.; SPECKER, N.; GUTRELLA, M.; MEIER, B.; DINCHER, S.; STAUB, T.; UKNES, S.; MÉTRAUX, J. P.; KESSMANN, H.; RYALS, J. A benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco. **The Plant Journal**, Oxford, v. 10, n. 1, p. 61-70, 1996.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

GÖRLACH, J.; VOLRATH, S.; KNAUF-BEITER, G.; HENGY, G.; BECKHOVE, U.; KOGEL, K. H.; OOSTENDORP, M.; STAUB, T.; WARD, E.; KESSMANN, H.; RYALS, J. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. **Plant Cell**, Baltimore, v. 8, n. 4, p. 629-643, 1996.

GUEST, D.; BROWN, J. Plant defences against pathogens. In: BROWN, J. F.; OGLE, H. J. (Ed.). **Plant pathogens and plant diseases**. Auckland: Australasian Plant Pathology Society, 1997. cap. 17, p. 263-286.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**: banco de dados agregados: dados de previsão de safra: produção- Brasil- setembro 2013. [Rio de Janeiro, 2013]. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u2=1&u3=1&u4=1&u1=38>. Acesso em: 9 out. 2014.

JOHNSON, J. D.; KIM, Y. The role of leaf chemistry in *Melampsora medusae* infection of hybrid poplar: effects of leaf development and fungicide treatment. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 35, n. 4, p. 763-771, 2005.

KAWUKI, R. S.; TUKAMUHABWA, P.; ADIPALA, E. Soybean rust severity, rate of rust development and tolerance as influenced by maturity period and season. **Crop Protection**, Surrey, v. 23, n. 5, p. 447-455, 2004.

KOGA, L. J. **Ferrugem asiática da soja**: resistência, controle químico e tolerância. 2008. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

KUC, J. Induced systemic resistance. In: WALTERS, D. R.; SHOLES, J. D.; BRYSON, R. J.; PAUL, N. D.; McROBERTS, N. (Ed.). **Physiological responses of plants to pathogens**. Dundee: Association of Applied Biologists, 1995. p. 235-242. (Aspects of applied biology, 42).

KUPFER, C.; KAHNT, G. Effects of the application of amorphous silica on transpiration and photosynthesis of soybean plants under varied soil and relative air humidity conditions. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 168, n. 5, p. 318-325, 1992.

LI, Q. F.; MA, C. C.; LI, H. P.; XIAO, Y. L.; LIU, X. Y. Effects of soil available silicon on growth, development and physiological functions of soybean. **Chinese Journal of Applied Ecology**, Shenyang, v. 15, n. 1, p. 73-76, 2004.

LIANG, Y. C. Abiotic stress and silicon. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. [**Proceedings...**]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 51.

LIMA FILHO, O. F. **História e uso do silicato de sódio na agricultura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. 112 p.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. Fixação simbiótica de nitrogênio em soja cultivada em perlita e suplementada com silicato de sódio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **A busca das raízes**: anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82). Fertbio 2006.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M.; MERCANTE, F. M.; FIGUEIREDO, L. A. The effect of silicon on nodulation and nitrogen fixation of soybean and bean under hydroponic conditions. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **[Proceedings...]**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 110.

LIMA, L. M. de; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; FONSECA, T. A. de P. S.; CARVALHO, J. G. de. Quantificação da ferrugem asiática e aspectos nutricionais de soja suprida com silício em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 51-56, 2010.

MADAMANCHI, N. R.; KUC, J. Induced systemic resistance in plants. In: COLE, G. T.; HOCH, H. C. (Ed.). **The fungal spore and disease initiation in plants and animals**. New York: Plenum Press, 1991. p. 347-362.

MAKKAR, H. P. S. **Quantification of tannins in tree foliage**. Vienna: FAO: IAEA, 2000. 31 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, E. M. F.; GUZZO, S. D.; CASTRO, R. M.; KYDA, K. Ação protetora do acibenzolar-methyl (Bion) em plantas de cafeeiro contra ferrugem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **A tecnologia vai florir para o café produzir**: trabalhos apresentados. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2000. p. 177.

MENZIES, J. G.; EHRET, D. L.; GLASS, A. D. M.; SAMUELS, A. L. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 39, n. 6, p. 403-414, 1991.

MEYER, M. C.; BUENO, C. J.; SOUZA, N. L.; YORINORI, J. T. Effect of doses of fungicides and plant resistance activators on the control of *Rhizoctonia* foliar blight of soybean, and on *Rhizoctonia solani* AG1-IA in vitro development. **Crop Protection**, Oxford, v. 25, n. 8, p. 848-854, 2006.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 31, n. 4, p. 625-636, 1985.

NASCIMENTO, J. F.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Effect of potassium silicate combined or not with systemic or protector fungicides on the control of asian soybean rust. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **[Proceedings...]**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 121.

NOJOSA, G. B.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap. 1, p. 11-28.

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.; CARRE-MISSIO, V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ZAMBOLIM, L. Efeito da 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.

PORTER, L. J.; HRSTICH, L. N.; CHAN, B. G. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. **Phytochemistry**, Oxford, v. 25, n. 1, p. 223-230, 1986.

ROCHA, M. R.; CASTRO, R. M.; PINA, R. C.; MARTINI, A. L. Efeito do acibenzolar-S-methyl (benzthiadiazole), como indutor de resistência sistêmica em soja (*Glycine max* cv. FT Cristalina), sobre *Heterodera glycines*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 35-38, 2000.

RODRIGUES, F. A.; DUARTE, H. S. S.; DOMICIANO, G. P.; SOUZA, C. A.; KORNDORFER, G. H.; ZAMBOLIM, L. Foliar application of potassium silicate reduces the intensity of soybean rust. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v. 38, n. 4, p. 366-372, 2009.

RODRIGUES, F. A.; DUARTE, H. S. S.; KORNDÖRFER, G. H.; ZAMBOLIM, L. Effect of foliar application of potassium silicate on asian soybean rust development on soybean. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **[Proceedings...]**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 105.

ROESE, A. D.; LIMA FILHO, O. F.; MELO, C. L. P. **Efeito de indutores abióticos de resistência na severidade da ferrugem-asiática e na produtividade de soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 22 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 62).

RUESS, W.; KUNZ, W.; STAUB, T.; MÜLLER, K.; POPPINGER, N.; SPEICH, J.; AHL GOY, P. Plant activator CGA 245704, a new technology for disease management. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 101, p. 424, 1995. Supplement.

RUESS, W.; MÜLLER, K.; KNAUF-BEITER, G.; KUNZ, W.; STAUB, T. Plant activator CGA 245704: an innovative approach for disease control in cereals and tobacco. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE ON PESTS AND DISEASES, 1996, Brighton. **Proceedings...** [S.l.: s.n., 1996]. p. 9.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 14, n. 5, p. 485-492, 1991.

SILVA, I. L. S. S.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; COSTA, J. C. B.; CAMILO, F. R.; BAPTISTA, J. C.; SALGADO, S. M. L. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacauzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 61-67, 2008.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A. A.; DESCHAMPS, C.; DALLA PRIA, M.; DE MIO, L. L. M. Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metilico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 72-77, 2013.

SOUZA, J. V.; CARVALHO JUNIOR, P. C. de; SOUSA, V. B. F. de; RODRIGUES, C. R.; MELO, S. P. de; FIGUEIREDO, F. C. Produtividade da soja e controle de ferrugem asiática *Phakopsora pachyrhizi* com aplicação de silicato de potássio e sulfato de níquel via foliar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Resumos....** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2007. p. 87-90.

TECNOLOGIAS de produção de soja – região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 268 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 14).

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERREIRA, M. R.; GARCIA JÚNIOR, O. Ação de acibenzolar-s-methyl isolado e em mistura com fungicidas no controle da requeima da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 749-753, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010205362005000300012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 3 abr. 2014.

UCHÔA, C. N.; POZZA, E. A.; UCHÔA, K. S. A.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; TOYOTA, M.; MORAES, W. S.; FREITAS, M. L. O.; SILVA, B. M. Acibenzolar-S-metil e silício como indutores de resistência à sigatoka-negra em bananeira cultivar Grand Naine (AAA). **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 4, p. 189-196, 2014.

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).



Agropecuária Oeste
Soja

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

CGPE 12006
CGPE 12007