

FOSFITO DE POTÁSSIO COMO INDUTOR DE GLICEOLINA EM SOJA

Gabriel Castanho*
José dos Santos Neto**
Clandio Medeiros da Silva***
Daniel Soares Alves****
Lucas Moura de Andrade*****

RESUMO: Um dos métodos potenciais no controle de doenças é a indução de resistência, que se caracteriza pela ativação dos mecanismos de defesa inerentes da planta. Considerando que a indução de resistência pode ser um método indireto no manejo de doenças de plantas, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do fosfito de potássio na indução de fitoalexina (Gliceolina) em cotilédones de soja. Os tratamentos foram compostos de concentrações crescentes de fosfito de potássio (0,1; 1; 3 e 9 gL⁻¹), água como controle e o produto comercial Bion® como indutor de referência. Dez dias após a semeadura das cultivares TMG 1066 RR (transgênica) e BRS 184 (convencional), os cotilédones foram lavados, pesados e distribuídos em placas de petri. Os cotilédones receberam 40 µL dos tratamentos, que foram acondicionados a 25 °C no escuro por 20 horas. Transcorrido o tempo os cotilédones foram submetidos à agitação por 1 hora a 150 rpm para extração de gliceolina, determinada em espectrofotômetro em comprimento de onda a 285 nm. O fosfito de potássio demonstrou ser capaz de induzir a produção de gliceolina em cotilédones de soja em ambas as cultivares utilizadas. Na cultivar TMG 1066 RR os melhores tratamentos foram nas concentrações de 1 e 9 gL⁻¹ de fosfito de potássio, já para a cultivar BRS 184 as melhores respostas ocorreram nas concentrações de 3 e 9 gL⁻¹. A cultivar BRS 184 respondeu significativamente melhor à aplicação de fosfito de potássio quando comparada à cultivar TMG 1066 RR no que diz respeito à produção de gliceolina.

PALAVRAS-CHAVE: Gliceolina; *Glycine Max*; Indução de Resistência.

POTASSIUM PHOSPHITE AS GLICEOLIN INDUCER IN SOYBEAN

ABSTRACT: One of the methods of disease control is resistance induction which is characterized by the activation of defense mechanisms inherent to plants. Since resistance inducement may be an indirect method in the management of plants' diseases, current study assesses the effect of potassium phosphite in the induction of phytoalexine (gliceolin) in soybean cotyledons. Treatments consisted of increasing concentrations of potassium phosphite (0.1; 1; 3 and 9 gL⁻¹), water as control and commercial Bion® as reference inducer. Ten days after sowing of cultivars TMG 1066 RR (transgenic) and BRS 184 (conventional), cotyledons were washed, weighed and distributed in petri plates. Cotyledons received 40 µL of treatments which were conditioned at 25°C in the dark for 20 hours. They were then shaken for 1 hour at 150 rpm for the extraction of gliceolin which was determined by spectrophotometry at wavelength 285 nm. Potassium phosphite was capable of inducing the production of gliceolin in soybean cotyledons in the two cultivars. The best treatments in cultivar TMG 1066 RR were at concentrations 1 and 9 gL⁻¹ of potassium phosphite, whereas the best responses for cultivar BRS 184 occurred at concentrations 3 and 9 gL⁻¹. Cultivar BRS 184 responded significantly to the application of potassium phosphite when compared to cultivar TMG 1066 RR with regard to gliceolin production.

KEYWORDS: Gliceolin; *Glycine Max*; Resistance Induction.

* Engenheiro Agrônomo; E-mail: gabrielcastanho@belagricola.com.br

** Engenheiro Agrônomo no IAPAR; Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá (PR), Brasil; Docente no curso de Agronomia no Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Londrina (PR), Brasil.

*** Engenheiro Agrônomo; Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá (PR), Brasil; Docente no curso de Agronomia no Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Londrina (PR), Brasil.

**** Engenheiro Agrônomo no IAPAR; Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas na Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, São Paulo, Brasil; Docente no Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Londrina (PR), Brasil.

***** Discente de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá (PR), Brasil; Bolsista Iniciação Científica com enfoque em proteção de plantas e fitossanidade, integrante do Programa de Educação Tutorial e do Projeto Resgate da Cultura Rural pela Alimentação;

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) cultivada em todo o mundo é uma leguminosa originária do Leste da Ásia, mais precisamente das regiões Central e Oeste da China. Foi cultivada pela primeira vez no Brasil em 1901, na Estação Agropecuária de Campinas e introduzida oficialmente no Rio Grande do Sul em 1914 (EMBRAPA, 2004). Após a década de 60, com o interesse crescente da indústria de óleo, a demanda do mercado internacional e a aptidão edafoclimática brasileira, tornou-se a espécie anual mais produzida no país (BICKEL, 2004).

Como qualquer outra cultura, a soja está sujeita à incidência de inúmeras doenças, no entanto essa situação se agrava devido às grandes áreas plantadas e a sucessão de cultivos. Os problemas causados pelas doenças variam de acordo com o potencial de dano, as características de cada doença e as condições ambientais, podendo assim causar grandes perdas na produção, que podem variar de 15 a 20% até 100% se o controle eficaz não for realizado (HENNING, 2009).

Além dos fatores bióticos existem os fatores abióticos, como a nutrição mineral, que pode diminuir ou aumentar a predisposição da planta ao ataque de patógenos. As interações entre os nutrientes e suas funções peculiares nas plantas são complexas, de modo que muitos nutrientes, por várias vias distintas, podem atuar direta ou indiretamente na ativação de mecanismos de defesa (VIEIRA et al., 2010). Uma das formas alternativas para controle de doenças em plantas é fazer com que a mesma produza substâncias que induzam a defesa, ou seja, após ser tratada com um composto indutor a planta produz respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que retardam o processo infeccioso e o desenvolvimento da doença em seus tecidos, porém sem causar efeito direto na germinação do esporo e formação do apressório (AGRIOS, 2005).

Entre os compostos capazes de induzir a resistência estão os sais de potássio, cuja efetividade tem sido demonstrada contra diversos patógenos. Além de sua aplicação isolada, a associação de tais

compostos com fungicidas tem-se apresentado como uma alternativa muito eficaz no manejo de doenças, em virtude de ocorrer efeito aditivo ou sinérgico quando os fungicidas são utilizados de forma conjunta (NEVES, 2006).

Dentre esses sais o fosfito de potássio apresenta alta solubilidade em água e em solventes orgânicos, são rapidamente absorvidos pelas raízes e folhas e apresentam ação sistêmica (REUVENI; OPPENHEIM; REUVENI, 1998). A aplicação do fosfito de potássio em determinados patossistemas pode ser capaz de ativar mecanismos de defesa e produzir fitoalexinas, substâncias naturais de autodefesa que conferem resistência contra fitopatógenos (JACKSON et al., 2000; NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005; REUVENI; AGAPOV; REUVENI, 2004; STADNIK; TALAMINI, 2004).

Perez et al. (1995) demonstraram que baixos níveis de fosfito provocam retardamento no metabolismo do patógeno, estimulando os mecanismos de defesa do hospedeiro, fazendo com que a planta suporte de melhor forma os efeitos do ataque de doenças. Entende-se que a rápida absorção dos fosfatos, sua elevada sistematicidade, a baixa toxicidade ao hospedeiro, a melhoria do estado nutricional das plantas e seu baixo custo, aliado ao efeito indireto contra diversas doenças, faz deste composto uma ferramenta que pode apresentar um grande potencial de uso no controle de patógenos.

Desse modo o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do fosfito de potássio na indução de fitoalexina (gliceolina) em cotilédones de soja das cultivares TMG 1066 RR (transgênica) e BRS 184 (convencional).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em 2013, no Laboratório de Fitopatologia do Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Campus Palhano, na cidade de Londrina (PR), situado na latitude 23°21'44,29S e na longitude 51°12'00,25W. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com

5 repetições em esquema fatorial (2x6), de modo que cada repetição foi representada por uma placa de petri com quatro cotilédones. Foram utilizadas duas cultivares de soja, TMG 1066 RR (transgênica) e BRS 184 (convencional), e os tratamentos foram compostos de concentrações crescentes de fosfito de potássio (0,1; 1; 3 e 9 gL⁻¹), produto comercial Phosphilux Super® (54% de fósforo e 36% de potássio), água como controle e o produto comercial Bion® (0,1 gL⁻¹) como indutor de referência.

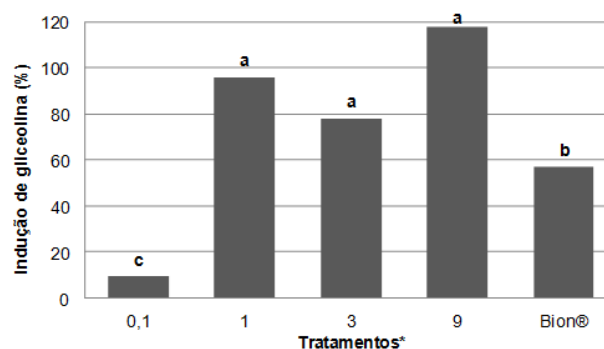
Dez dias após a semeadura, em bandejas com areia autoclavada, os cotilédones foram coletados, lavados, pesados e distribuídos em placas de petri forradas com três discos de papel filtro umedecido com água destilada. Na parte abaxial de cada cotilédone realizou-se um corte superficial onde foram aplicados 40 µL dos tratamentos, que foram submetidos a acondicionamento em câmara BOD a 25 °C no escuro por 20 horas. Transcorrido o período os cotilédones foram retirados e colocados em tubos falcon com 15 mL de água destilada e submetidos à agitação por 1 hora em mesa agitadora a 150 rpm para extração de gliceolina. A absorbância foi determinada em espectrofotômetro em comprimento de onda a 285 nm, de acordo com metodologia descrita por Stangarlin et al. (2010).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias Scott–Knott, ao nível de probabilidade de 5%. Foi realizada também análise de regressão polinomial a 5%, utilizando-se o maior coeficiente de determinação como critério para a escolha do modelo com melhor ajuste aos resultados. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fosfito de potássio demonstrou ser capaz de induzir a produção de fitoalexina gliceolina em cotilédones de soja em ambos os materiais genéticos utilizados. Na Figura 1 é possível observar a

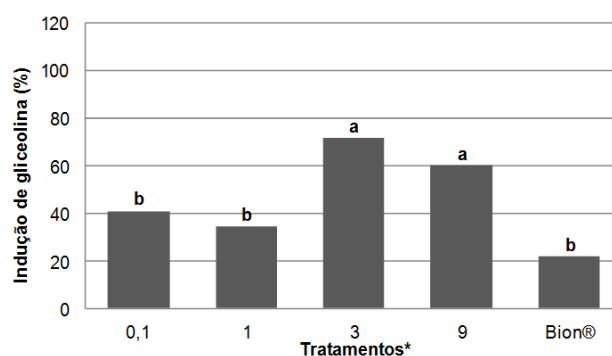
porcentagem de indução de gliceolina com relação à testemunha negativa (água) para a cultivar TMG 1066 RR (transgênica), de modo que os melhores tratamentos foram as concentrações de 1,0, 3,0 e 9,0 gL⁻¹ de fosfito de potássio, que diferiram da testemunha positiva Bion® e da concentração de 0,1 gL⁻¹.



* 0,1; 1,0; 3,0 e 9,0 gL⁻¹ de fosfito de potássio. 0,1 gL⁻¹ de Bion®.

Figura 1. Porcentagem de indução de gliceolina, com relação ao controle negativo, em cotilédones de soja (cultivar TMG 1066 RR) submetidos a concentrações crescentes de fosfito de potássio. Londrina (PR), 2013. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott–Knott ($p < 0,05$).

Já para a cultivar BRS 184 (convencional) as melhores respostas com relação à testemunha negativa ocorreram nas concentrações de 3,0 e 9,0 gL⁻¹ de fosfito de potássio, com os demais tratamentos não diferindo significativamente do Bion® (Figura 2).



* 0,1; 1,0; 3,0 e 9,0 gL⁻¹ de fosfito de potássio. 0,1 gL⁻¹ de Bion®.

Figura 2. Porcentagem de indução de gliceolina, com relação ao controle negativo, em cotilédones de soja (cultivar BRS 184) submetidos a concentrações crescentes de fosfito de potássio. Londrina (PR), 2013. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott–Knott ($p < 0,05$).

Comparando-se os dois genótipos utilizados, constata-se que a cultivar TMG 1066 RR apresentou uma porcentagem de indução maior que a cultivar BRS 184 (Figura 3), ou seja, proporcionalmente a testemunha negativa, o material transgênico apresentou um maior incremento de gliceolina com a aplicação dos tratamentos.

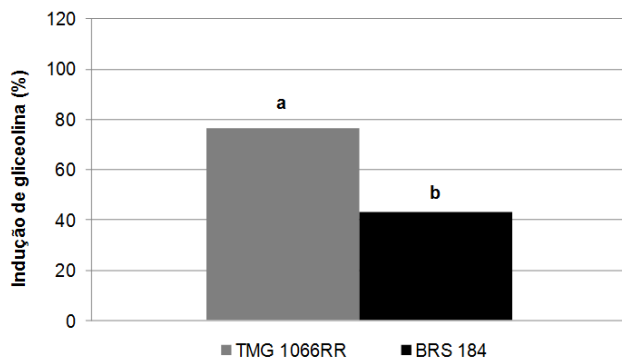


Figura 3. Porcentagem média de indução de gliceolina, com relação ao controle negativo, em cotilédones de soja (cultivares TMG 1066 RR e BRS 184) submetidos à aplicação de fosfito de potássio. Londrina (PR), 2013. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que o fosfito de potássio, ao induzir a produção da gliceolina nos cotilédones de soja, pode ter a capacidade de atuar de modo indireto no controle de doenças de soja e, contribuir assim, para o aumento de produtividade.

Segundo Taiz e Zeiger (2004) as fitoalexinas são metabólitos secundários diversos que apresentam atividade antimicrobiana e se acumulam em torno do local de infecção, caracterizando um mecanismo comum de resistência em uma grande variedade de plantas. Normalmente não estão presentes nas plantas antes do processo infeccioso, mas são sintetizadas rapidamente após o ataque do fitopatógeno, de modo que a resistência ocorre quando a velocidade da síntese e a concentração são suficientes para impedir o desenvolvimento da doença (YAMADA; CASTRO, 2007).

No caso da soja, um relato clássico da importância das fitoalexinas para a defesa da planta ao ataque de fitopatógenos é exposto no trabalho de Yoshikawa, Yamauchi e Masago (1978), que observaram

que a gliceolina era responsável pela cessação do crescimento fúngico em hipocótilos de soja resistentes à *Phytophthora megasperma* var. *sojae*.

Neves (2006), ao avaliar o efeito do fosfito de potássio isolado ou combinado com fungicidas sobre o controle de ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), constatou que houve redução da porcentagem de área foliar afetada, bem como um incremento, com relação à testemunha, de 20% na produtividade. Também no controle de ferrugem asiática da soja, Gasparin, Viecelli e Moreira (2012) verificaram que a aplicação de fosfito de potássio via foliar influenciou positivamente no controle da doença.

Já Silva et al. (2013) em estudo conduzido por dois anos na cultura da soja não verificaram efeito do uso de fosfito de potássio sobre a área abaixo da curva de progresso de oídio (*Microsphaera diffusa*) e ferrugem asiática, no entanto o produto proporcionou redução significativa na severidade de míldio.

Além da indução de resistência, a nutrição é outro fator que influencia a ocorrência e disseminação das doenças; desse modo, quando aplicado no campo, o fosfito de potássio poderá ajudar no manejo de doença por meios de diferentes vias. Balardin et al. (2006), por exemplo, obtiveram resultados que demonstram a influência significativa da nutrição da planta no manejo fitossanitário, uma vez que houve diminuição tanto da severidade final como da taxa de progresso da ferrugem asiática da soja com o aumento nos níveis de P e K, nos estádios V2 e R5 com as cultivares AL 83 e Embrapa 48.

De acordo com as citações na literatura científica, o potássio é o elemento que apresenta os resultados mais consistentes na redução da incidência de pragas e doenças (MARSCHNER, 1995). A deficiência de potássio está relacionada à menor síntese de compostos de alto peso molecular, favorecendo o acúmulo de compostos de baixo peso molecular como os aminoácidos, devido ao aumento da atividade de enzimas decompositoras (MORALES et al., 2011). O acúmulo dos compostos de baixo peso molecular caracteriza o estado predominante de proteólise, que pode ser considerado favorável à incidência e

desenvolvimento de fitopatógenos (CHABOUSSOU, 1987).

Com relação à aplicação de diferentes dosagens de fosfito de potássio, na Figura 4 é possível observar que a produção de fitoalexina variou de acordo com a concentração do produto, com a obtenção de uma regressão polinomial de segunda ordem ($r^2 = 0,73$; $p < 0,05$) para a cultivar TMG 1066 RR. Segundo a equação obtida, a concentração ideal para essa cultivar é de $6,56 \text{ gL}^{-1}$ de fosfito de potássio e a partir desse intervalo mesmo que a dosagem seja aumentada não haverá maior produção de gliceolina. Deve-se ressaltar que a dose comercial do produto utilizado é de $3,0 \text{ gL}^{-1}$, portanto estudos adicionais devem ser realizados para avaliar a concentração ideal e a viabilidade econômica da concentração adequada encontrada no presente estudo.

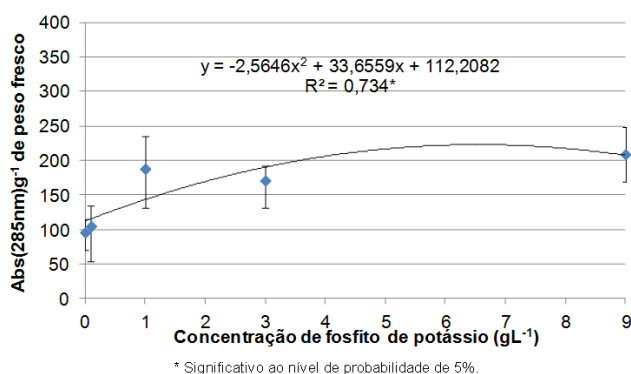


Figura 4. Análise de regressão da produção de fitoalexina glicolona em cotilédones de soja, cultivar TMG 1066 RR, submetidos a concentrações crescentes de fosfito de potássio. Londrina (PR), 2013.

A resposta da cultivar BRS 184 para a produção de gliceolina de acordo com as diferentes concentrações de fosfito de potássio (Figura 5) também apresentou como melhor ajuste aos resultados uma regressão de modelo polinomial de segunda ordem ($r^2 = 0,746$; $p < 0,05$). No entanto, a concentração ideal, segundo a equação obtida, é de $5,60 \text{ gL}^{-1}$, resultado esse menor que o encontrado para a cultivar transgênica. Observa-se que após o intervalo de concentração ideal há um decréscimo na produção de gliceolina, o que indica que dosagens acima de $5,6 \text{ gL}^{-1}$ do produto não devem ser praticadas.

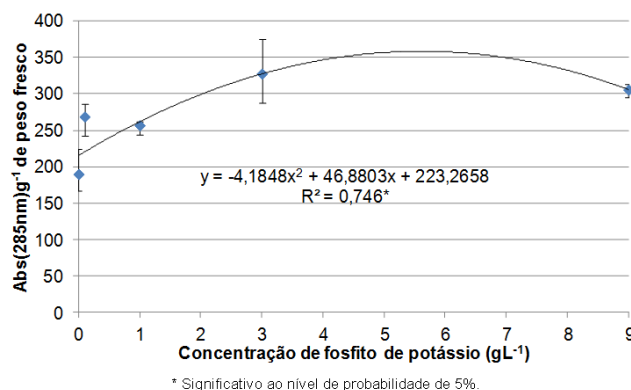


Figura 5. Análise de regressão da produção de fitoalexina glicolona em cotilédones de soja, cultivar BRS 184, submetidos a concentrações crescentes de fosfito de potássio. Londrina (PR), 2013.

Quanto à diferença na produção de gliceolina entre a cultivar de soja convencional e a transgênica, é possível dizer que os tratamentos aplicados tiveram efeito de indução em ambas as cultivares, no entanto o material transgênico apresentou indução de gliceolina significativamente menor (Figura 6). O material transgênico, para ser resistente à aplicação de glyphosate, apresenta uma rota metabólica alternativa, uma vez que o glyphosate é um inibidor específico da conversão de shiquimato a corismato, o que leva à redução na biossíntese de fenilalanina e, por consequência, de fitoalexinas (RIZZARDI et al., 2003; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

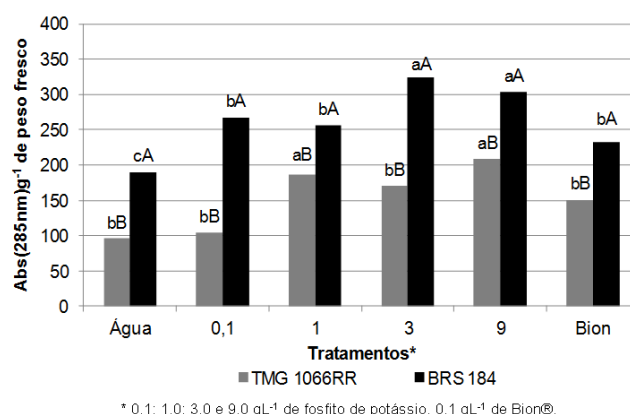


Figura 6. Produção de gliceolina em cotilédones de soja, cultivar TMG 1066 RR e BRS 184, submetidos a concentrações crescentes de fosfito de potássio. Londrina (PR), 2013. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferente dentro de cada concentração entre as cultivares e minúscula não diferem entre as concentrações dentro de cada cultivar. Scott-Knott ($p < 0,05$).

Sabendo-se que o bloqueio da rota natural que faz a conversão de shiquimato a corismato ocorre quando há a aplicação do glyphosate e que no presente estudo a cultivar transgênica não foi exposta ao glyphosate, não é possível afirmar que a menor produção de gliceolina da cultivar TMG 1066 RR esteja relacionada com a rota alternativa para a produção dos aminoácidos aromáticos ou que essa alteração genética tenha tornado a síntese de gliceolina menos eficiente. A explicação mais provável é que a variação na produção de gliceolina entre as duas cultivares é resultado de diferenças genotípicas inerentes.

O fato de que a cultivar convencional (BRS 184) foi significativamente superior à cultivar transgênica (TMG 1066 RR) não implica que todos os materiais geneticamente modificados apresentem menor capacidade de produção de gliceolina e nem que a aplicação de fosfito de potássio será efetivo no controle de doenças, uma vez que ainda há muito a ser pesquisado sobre fatores que influenciam seu efeito, tais como: variações ambientais, dose mais adequada em condições de campo e identificação dos melhores momentos para sua aplicação, o que provavelmente irá variar de acordo com o material genético a ser utilizado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fosfito de potássio demonstrou ser capaz de induzir a produção de fitoalexina gliceolina em cotilédones de soja das cultivares BRS 184 e TMG 1066 RR. Desse modo, o fosfito de potássio apresenta potencial para ser mais uma ferramenta no manejo de doença de plantas.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL) e ao Departamento de Agronomia da Unifil pelo apoio e disponibilidade da infraestrutura para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th. ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922p.
- BALARDIN, R. S. et al. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 5, p.462–467, 2006.
- BICKEL, U. **Brasil: expansão da soja, conflitos sócio-ecológicos e segurança alimentar**. 2004. 169f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Bonn, Alemanha, 2004.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Tradução de M. J. Guazelli. Porto Alegre: L&PM, 1987. 256p.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil – 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. 239p.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR: Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras G: UFLA, 2010.
- GASPARIN, T. F.; VIECELLI, C. A.; MOREIRA, G. C. Aplicação foliar de molibdênio e fosfito de potássio na incidência da ferrugem asiática da soja. **Cultivando o Saber**, v. 5, n. 1, p.30–37, 2012.
- HENNING, A. A. Manejo de doenças da Soja (*Glycine max* L. Merrill). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 19, n. 3, p.9–12, 2009.
- JACKSON, T. J. et al. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, v. 49, n. 01, p.147–154, 2000.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MORALES, R. G. F. et al. Influência da nutrição mineral foliar nas doenças da parte aérea e no rendimento da cultura da soja. **Ambiência**, v. 7, n. 2, p.207–215, 2011.

- NEVES, J. S. **Influência da aplicação de fosfito de potássio na severidade da ferrugem asiática da soja**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.
- NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. et al. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 263p.
- PEREZ, V. et al. Enhanced secretion of elicitors by *Phytophthora* fungi exposed to phosphonate. **Cryptogamie Mycologie**, v. 16, n. 3, p.191–194, 1995.
- REUVENI, M.; OPPENHEIM, D.; REUVENI, R. Integrated control of powdery mildew on apple trees by foliar sprays of mono–potassium phosphate fertilizer and sterol inhibiting fungicides. **Crop Protection**, v. 17, n. 7, p.563–568, 1998.
- REUVENI, R.; AGAPOV, V.; REUVENI, M. Foliar spray of phosphates induces growth increase and systemic resistance to *Puccinia sorghi* in maize. **Plant Pathology**, v. 43, n. 2, p.245–250, 2004.
- RIZZARDI, M. A. et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p.957–965, 2003.
- SILVA, O. C. et al. Fontes de fosfito e acibenzolar–S–metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 1, p.72–77, 2013.
- STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis: UFSC, 2004. 293p.
- STANGARLIN, J. R. et al. Indução de Fitoalexinas em soja e sorgo por preparações de *Saccharomyces Boulardii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p.91–98, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade espacial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da soja em dois anos de cultivo em um latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1503–1514, 2010.
- YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Efeito do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônomicas**. [S.l.]: IPNI, 2007. 32p. (Encarte técnico. Informações Agrônomicas, n. 119)
- YOSHIKAWA, M.; YAMAUCHI, K.; MASAGO, H. Glyceollin: its role in restricting fungal growth in resistant soybean hypocotyls infected with *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. **Physiological Plant Pathology**, v. 12, n. 1, p.73–82, 1978.
- ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate on the Bradyrhizobium japonicum symbiosis with glyphosate–resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, n. 3, p.825–831, 2004.

Recebido em: 05 de agosto de 2014

Aceito em: 04 de novembro de 2014