

Notas Científicas

Alelopatia do ácido aconítico em soja

Elemar Voll⁽¹⁾, Antônio Garcia⁽¹⁾, Dionísio Luiz Pisa Gazziero⁽¹⁾ e Fernando Storniolo Adegas⁽¹⁾

⁽¹⁾Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: voll@cnpsso.embrapa.br, garcia@cnpsso.embrapa.br, gazziero@cnpsso.embrapa.br, adegas@cnpsso.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos do ácido aconítico sobre a germinação e o crescimento da soja. O experimento foi conduzido em laboratório, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 13 cultivares de soja e ausência ou presença do ácido aconítico (2,5 mmol L⁻¹), com germinação das sementes em meio ágar. Os efeitos alelopáticos do ácido aconítico variam de acordo com os genótipos e podem reduzir a germinação, a percentagem de plântulas normais, o crescimento do caule e, principalmente, das raízes de plântulas de soja.

Termos para indexação: *Glycine max*, crescimento, germinação.

Allelopathy of aconitic acid on soybeans

Abstract – The objective of this work was to determine the effects of aconitic acid on soybean germination and growth. The experiment was carried out under laboratory conditions, in a completely randomized design with 13 soybean cultivars and absence or presence of aconitic acid (2.5 mmol L⁻¹), and agar medium for seed germination. Allelopathic effects vary according to soybean genotypes and may reduce germination, the rate of normal seedlings, stem growth and mainly seedlings root growth.

Index terms: *Glycine max*, growth, germination.

Algumas condições de cultivo da soja no passado resultavam na ocorrência de menores produtividades no sistema de semeadura direta, em comparação ao convencional, principalmente quando estabelecido após cultivos de trigo e aveia. Em cultivos de soja no Estado do Paraná, ocorriam altas infestações de capim-marmelada [*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc.] precedendo os manejos da cultura. Almeida (1991) estabeleceu a relação dos efeitos negativos dessa espécie sobre o manejo em semeadura direta e sobre a emergência e crescimento inicial de plântulas de soja no campo.

Pesquisas de campo (Voll et al., 1997) e de laboratório (Voll et al., 2004, 2005) têm indicado que o ácido aconítico (AA), um ácido orgânico de baixo peso molecular produzido por gramíneas como capim-marmelada, trigo e aveia ou presente na vinhaça, pode ter efeitos alelopáticos sobre algumas espécies de plantas daninhas e afetar sua germinação e crescimento. Contudo, o AA pode ter efeito também sobre a cultura da soja (Embrapa Soja, 2007), principalmente em áreas de renovação de canaviais.

Culturas como as de trigo (Thompson et al., 1997), cevada, milho e sorgo (Rustamani et al., 1992); pastagens de gramíneas (Friebe et al., 1995)

e, principalmente, cana-de-açúcar (Hanine et al., 1990) produzem e exsudam o AA pelas raízes. Esse ácido apresenta efeitos alelopáticos e estimula o crescimento de fungos endofíticos de sementes de trapoeraba (*Commelina benghalensis*) (Voll et al., 2004). Uma análise cromatográfica da parte aérea de plantas de capim-marmelada indicou a presença dos ácidos aconítico (95%), ferúlico e cumárico (5%) (Voll et al., 2004). O AA resulta do metabolismo do açúcar na planta (Goodwin & Mercer, 1983). Existem relatos sobre importantes funções fisiológicas do AA nas plantas que o sintetizam (Rustamani et al., 1992; Thompson et al., 1997; Watanabe et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos do ácido aconítico sobre a germinação e o crescimento de cultivares de soja.

O experimento foi realizado em laboratório, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial 13x2: 13 cultivares de soja e ausência ou presença de AA a 2,5 mmol L⁻¹, em três repetições, com a germinação das sementes feita em meio ágar. A dose de 2,5 mmol L⁻¹ de AA foi estabelecida porque seria suficiente para afetar a germinação da soja em solo que tivesse recebido

aplicações de vinhaça em dosagens comuns e em áreas de cana, onde a concentração de AA pode ser pelo menos dez vezes maior que a dose testada.

O meio ágar foi preparado a 1,2%, esterilizado em autoclave, resfriado a 40°C e homogeneizado com o AA nos tratamentos com a substância. Em uma capela asséptica, 100 mL da solução, com ou sem ácido aconítico, foi derramada em gerbox de plástico com tampa. As sementes foram previamente esterilizadas com solução de hipoclorito de sódio a 2%, durante 2 min, e enxaguadas por igual período. Em seguida, foram semeadas 25 sementes de cada cultivar na superfície do meio ágar. O experimento foi conduzido em câmara de germinação com períodos alternados de 10 e 14 horas em temperaturas de 20 e 30°C, sem e com luz, respectivamente. As avaliações de germinação, plântulas normais, altura de plântulas e comprimento de raízes foram feitas aos 14 dias após a semeadura (DAS). A verificação de presença e a identificação de fungos endofíticos nas sementes foram realizadas aos 17 DAS, por meio da contagem e observação das características dos fungos. Foi realizada a análise da variância, pelo teste F, e a comparação entre as médias, pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Os dados de germinação e de plântulas normais não foram transformados, visto que as pressuposições para a análise da variância foram atendidas.

A análise da germinação indicou interação significativa dos fatores cultivares de soja e aplicação do AA (Tabela 1). O poder germinativo das cultivares na ausência de AA foi alto, e a germinação média foi

reduzida de 95,7% para 80,4% com a aplicação de AA. Semelhantes manifestações de efeitos alelopáticos do AA foram observadas em plantas daninhas com uso de extratos de capim-marmelada e de AA puro (Voll et al., 2004, 2005). A ocorrência da interação entre os tratamentos indica que há variações de sensibilidade das cultivares ao AA, aspecto não suficientemente explorado pelas observações de Almeida (1991). Pode-se observar, ainda, que mesmo sementes com elevada qualidade fisiológica, revelada pelo alto poder germinativo na ausência de AA, estão sujeitas aos efeitos do AA, em meio de ágar.

A produção de plântulas normais também foi reduzida com a aplicação de AA, embora nem sempre de modo significativo (Tabela 1). Foi observado maior efeito alelopático do AA sobre a percentagem de plântulas normais que sobre a germinação. Embora o poder germinativo das sementes tenha sido alto, foram observadas plântulas com malformação também na ausência de AA. No tratamento sem a aplicação do AA, não foi observada diferença significativa entre as cultivares na percentagem de plântulas normais. Já no tratamento com AA, essa diferenciação foi constatada.

O comprimento de caule das plântulas de soja foi reduzido com a aplicação de AA, embora nem sempre de forma significativa (Tabela 1). A diferenciação nos comprimentos de caule ocorreu também na ausência da aplicação do AA; no entanto, na presença do AA, foi observada maior variação de resposta das cultivares.

O comprimento de raiz das plântulas de soja foi reduzido com a aplicação de AA, na maioria das

Tabela 1. Efeitos de ácido aconítico (AA, 2,5 mmol L⁻¹) sobre a germinação, a produção de plântulas normais e o comprimento do caule e da raiz de cultivares de soja, aos 14 dias da germinação⁽¹⁾.

Cultivares de soja	Germinação (%)		Plântulas normais (%)		Comprimento do caule (cm)		Comprimento da raiz (cm)	
	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA
BR 01 11854	97,3aA	69,3cdB	89aA	51abcB	18,5abA	12,2abcdB	10,9abA	3,7aB
BR 02 04468	93,3aA	96,0abA	88aA	83abcA	22,1bA	16,3cdB	11,6abA	3,9aB
BR 02 05164	98,7aA	36,0eB	93aA	25aB	16,7abA	5,4aB	11,9abA	1,7aB
BR 02 09899	97,3aA	86,7abcA	76aA	52abcA	16,4abA	12,1abcdB	12,9bA	4,7aB
BRS 133	94,7aA	52,0deB	79aA	36abB	16,2abA	7,8abB	8,3abA	2,7aB
BRS 184	97,3aA	89,3abcA	87aA	60abcB	18,4abA	15,0cdA	11,6abA	5,7aB
BRS 213	96,0aA	77,3abcB	92aA	41abcB	16,4abA	9,6abcB	11,6abA	3,3aB
BRS 232	98,7aA	92,0abA	88aA	81cA	19,6abA	18,0dA	7,8aA	5,8aA
BRS 257	97,3aA	97,3aA	84aA	77bcA	16,5abA	15,7cdA	12,1abA	5,6aB
BRS 258	82,7aA	85,3bcA	76aA	67abcA	14,9aA	14,1bcdA	9,6abA	5,9aB
BRS 259	93,3aA	74,7bcB	69aA	39abB	15,3abA	11,1abcB	8,6abA	6,0aA
CD 202	98,7aA	96,0abA	80aA	49abcB	16,7abA	13,6bcdA	10,5abA	5,5aB
EMBRAPA 48	98,7aA	93,3abA	91aA	76bcA	17,6abA	13,9bcdA	12,1abA	4,2aB
Médias	95,7A	80,4B	84,0A	56,8B	17,3A	12,7B	10,7A	4,5B
F		9,10*		5,25*		6,89*		13,81*
CV (%)		8,9		21,3		16,1		21,4

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

*Significativo a 5% de probabilidade.

vezes de modo significativo (Tabela 1). As cultivares BRS 232 e BRS 259, apesar de ter apresentado redução significativa no comprimento da raiz, tiveram maiores valores na ausência do AA. A diferenciação dos comprimentos de raiz, entre as cultivares, ocorreu em maior grau na ausência do AA. Na presença da substância, os agrupamentos de significância foram reduzidos a um só grupo. O comprimento da raiz é uma característica muito importante na competição das plantas de soja com as plantas daninhas por nutrientes e água no solo.

Os efeitos do AA sobre germinação, plântulas normais, comprimento de caule e raiz podem ser expressos por meio de percentagens relativas de redução (Tabela 2). Assim, cultivares com maior percentagem de germinação apresentam, de modo geral, maior quantidade de plântulas normais e menor redução de caule. Nas raízes, o crescimento em relação ao tratamento sem AA apresentou comportamento mais variável.

Cultivares indicadas para a alimentação humana, como BRS 257, BRS 258 e EMBRAPA 48, podem ser cultivadas com o uso de vinhaça, por apresentar menor sensibilidade ao AA, o que traria benefícios para o manejo de plantas daninhas sem prejuízos para a germinação da soja. Já as cultivares BR 01 11854, BRS 133 e BR 02 05164 seriam menos recomendadas nesse manejo. É interessante mencionar que a cultivar BRS 133 consta da recomendação para áreas de cana (Embrapa Soja, 2007), mas, de acordo com os resultados deste trabalho, ela pode apresentar

problemas na germinação e na capacidade competitiva com plantas daninhas nessas áreas.

A presença generalizada de uma espécie não determinada de fungo foi observada nas sementes das cultivares de soja no tratamento com o AA, aos 17 dias após a semeadura, não tendo sido observada no tratamento com ausência da substância. Semelhantes efeitos foram observados em espécies de plantas daninhas (Voll et al., 2004, 2005).

O cultivo da soja em áreas que receberam o AA por meio da aplicação de vinhaça ou em áreas de pastagem de gramíneas pode apresentar redução da germinação e menor desenvolvimento das raízes no solo. Por sua vez, fatores ambientais desfavoráveis, como a falta de umidade no solo, poderão comprometer o estabelecimento de cultivares de soja sensíveis ao AA nessas áreas.

Aplicações do ácido aconítico resultam em efeitos alelopáticos sobre sementes de cultivares de soja e podem causar redução em sua germinação, na taxa de plântulas normais, no crescimento do caule e, principalmente, no comprimento das raízes. Adicionalmente, observa-se que o ácido aconítico pode estimular o desenvolvimento superficial de fungos nas sementes de soja.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro.

Referências

- ALMEIDA, F.S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.221-236, 1991.
- EMBRAPA SOJA. **Cultivares de soja 2006/2007**: Região Centro-Sul. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 72p. (Embrapa Soja. Documentos, 280).
- FRIEBE, A.; SCHULZ, M.; KUCK, P.; SCHNABL, H. Phytotoxins from shoot extracts and root exudates of *Agropyron repens* seedlings. **Phytochemistry**, v.38, p.1157-1159, 1995.
- GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry**. Oxford: Pergamon, 1983. 677p.
- HANINE, H.; MOURGUES, J.; MOLINIER, J. Aconitic acid removal during cane juice clarification. **International Sugar Journal**, v.92, p.219-220, 1990.
- RUSTAMANI, M.A.; KANEHISA, K.; TSUMUKI, H.; SHIRAGA, T. Further observations on the relationship between aconitic acid contents and aphid densities on some cereal plants. **Bulletin of the Research Institute for Bioresources**, v.1, p.9-20, 1992.

Tabela 2. Efeitos do ácido aconítico (2,5 mmol L⁻¹) na taxa de redução da germinação, na ocorrência de plântulas normais e na redução do comprimento do caule e da raiz de cultivares de soja.

Cultivares de soja	Germinação	Plântulas normais	Caule	Raiz
BR 02 04468	0,0	5,7	26,2	66,4
BRS 257 ⁽¹⁾	0,0	8,3	4,8	53,7
BRS 258 ⁽¹⁾	0,0	11,8	5,4	38,5
CD 202	2,7	38,8	18,6	47,6
EMBRAPA 48 ⁽¹⁾	5,5	16,5	21,0	65,3
BRS 232	6,8	8,0	8,2	25,6
BRS 184	8,2	31,0	18,5	50,9
BR 02 09899	10,9	31,6	26,2	63,6
BRS 213	19,5	55,4	41,5	71,6
BRS 259	19,9	43,5	27,5	30,2
BR 01 11854	28,8	42,7	34,1	66,1
BRS 133 ⁽²⁾	45,1	54,4	51,9	67,5
BR 02 05164	63,5	73,1	67,7	85,7
Médias	16,2	32,4	26,6	57,9

⁽¹⁾Genótipo indicado para a alimentação humana. ⁽²⁾Genótipo indicado para áreas de cana-de-açúcar.

THOMPSON, J.F.; SCHAEFER, S.C.; MADISON, J.T. Role of aconitate isomerase in trans-aconitate accumulation in plants. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.45, p.3684-3688, 1997.

VOLL, E.; FRANCHINI, J.C.; CRUZ, R.T. da; GAZZIERO, D.L.P.; BRIGHENTI, A.M.; ADEGAS, F.S. Chemical interactions of *Brachiaria plantaginea* with *Commelina benghalensis* and *Acanthospermum hispidum* in soybean cropping systems. **Journal of Chemical Ecology**, v.30, p.1467-1475, 2004.

VOLL, E.; KARAM, D.; GAZZIERO, D.L.P. Dinâmica de populações de trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) sob manejos

de solo e de herbicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.571-578, 1997.

VOLL, E.; VOLL, C.E.; VICTÓRIA FILHO, R. Allelopathic effects of aconitic acid on wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) and morningglory (*Ipomoea grandifolia*). **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v.40, p.69-75, 2005.

WATANABE, K.; KATSUHARA, M.; NAKAO, H.; SATO, M. Detection and molecular analysis of plant- and insect-associated bacteria harboring aconitate isomerase involved in biosynthesis of trans-aconitic acid as antifeedant in brown planthoppers. **Current Microbiology**, v.35, p.97-102, 1997.

Recebido em 18 de dezembro de 2008 e aprovado em 5 de junho de 2009