

101

Circular
TécnicaLondrina, PR
Outubro, 2013

Autores

Elemar Voll, Dr.

Manejo de Plantas Daninhas,
Embrapa Soja, Londrina, PR
elemar.voll@embrapa.br

Fernando Storniolo Adegas, Dr.

Manejo de Plantas Daninhas
Embrapa Soja, Londrina, PR
fernando.adeegas@embrapa.br

Dionísio Luiz Pisa Gazziero, Dr.

Manejo de Plantas Daninhas,
Embrapa Soja, Londrina, PR
dionisio.gazziero@embrapa.br

Controle de plantas daninhas: sistemas de manejo de culturas com soja e efeitos alelopáticos do ácido acenótico

O controle de plantas daninhas em sistemas de produção em plantio direto sofre grande interferência das coberturas vegetais que se sucedem. Essas contribuem com substâncias alelopáticas liberadas durante o seu crescimento vegetativo e, posteriormente, com o sombreamento e a decomposição da palhada. Esse ciclo pode aumentar ainda a eficiência das aplicações de herbicidas que, ao longo do tempo, contribuem com a redução dos períodos de sobrevivência dos bancos de sementes de diversas espécies daninhas numa lavoura.

A presença de plantas daninhas em áreas de culturas como soja, milho, trigo, pastagens e outras, preocupa os produtores por representar riscos de redução de produtividade. Sabidamente existem alternativas para reduzir esses efeitos negativos por meio da implantação de sistemas de manejo adequados no plantio direto.

Além da rotação de culturas, as recomendações atuais são para o uso de sistemas integrados de manejo do solo e da cultura, envolvendo práticas de cobertura contínuas do solo com os sistemas integrados de lavoura-pecuária (ILP) ou lavoura /pecuária /florestas (ILPF). Essas integrações possibilitam aumentar o uso da terra com acréscimos de produção e de produtividade, resultando em sistemas com maior sustentabilidade.

As alternativas de manejos são dinâmicas e podem ser modificadas com o tempo. Como exemplo tem-se as alterações nos bancos de sementes, como ocorrido com a buva (*Conyza* spp.) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), que anteriormente eram satisfatoriamente controladas na cultura da soja e, atualmente, evoluíram para problemas de resistência a herbicidas. Essa resistência ocorre em função do controle inicial das plantas mais sensíveis e abundantes às doses recomendadas e surge numa evolução de alguns anos, geralmente entre 4 a 8 anos, quando não são mais controladas por aquelas doses. Torna-se necessário, então, usar alternativas de herbicidas e suas combinações.

Nos sistemas de manejo das culturas há uma tendência de ocorrer efeitos alelopáticos, que podem beneficiar as culturas de interesse. A alelopátia é um fenômeno que ocorre largamente em comunidades de plantas. É um mecanismo através do qual determinadas plantas interferem no desenvolvimento de outras, alterando-lhes o padrão e a densidade. Caracteriza-se pela produção e liberação de compostos químicos para o meio ambiente por volatilização, exsudação radicular, decomposição e lixiviação dos resíduos de plantas. Os efeitos alelopáticos tendem a desfavorecer a competição das plantas daninhas com determinada cultura.

A manutenção das palhas em plantio direto permite a cobertura do solo e seu sombreamento, dificultando a germinação das plantas daninhas. Com a sua decomposição e por efeito das chuvas, ocorre a liberação de substâncias alelopáticas (ácido ferúlico, cumárico, caféico e outros), que afetam a germinação e o crescimento de

espécies daninhas. Espécies de braquiária (*Brachiaria ruziziensis* e outras) são muito apropriadas para consórcio com a cultura do milho, cultivado após a soja. A extração de substâncias alelopáticas de plantas de capim-marmelada (*B. plantaginea*) como o ácido aconítico, comprovou em testes de laboratório a sua atividade alelopática sobre várias espécies daninhas (Voll et al., 2004, 2010).

Pesquisas conduzidas com ácido aconítico visaram identificar a importância dos seus efeitos alelopáticos no controle de plantas daninhas quanto a sua origem em sistemas produtivos, associados à cultura da soja. O ácido aconítico ($C_6H_6O_6$) (AA) é um composto químico de baixo peso molecular, estruturalmente diferenciado, produzido principalmente por espécies gramíneas e exsudado pelas raízes (Hanine et al., 1990). Está presente em várias outras espécies de plantas como trigo, aveia, milho, sorgo e braquiárias (Thompson et al., 1997; Rustamani et al., 1992; Voll et al., 2004). A vinhaça, originária das usinas de açúcar e álcool, apresenta quantidades significativas de ácido aconítico e de potássio (K), podendo ser devolvida às lavouras de diversos modos como fertilizante e, de modo particular, em sistemas de produção orgânicos.

Efeitos do ácido aconítico no crescimento e no modo de ação foram estudados em plantas de corda-de-violão (*Ipomoea* sp.) (Foletto, 2011; Kagami, 2012).

Resultados obtidos com ácido aconítico (AA) em experimentos

I – Resultados iniciais obtidos a campo

Experimento a campo na sequência trigo-soja, em sistemas de plantio, convencional e direto, com e sem herbicidas, foi conduzido por um período de cinco anos, sendo feitos levantamentos anuais de bancos de sementes das espécies daninhas presentes na área. Resultados de redução de sobrevivência de espécies de plantas daninhas são apresentados na Tabela 1. É muito expressiva a redução de sobrevivência de bancos de sementes de algumas espécies de plantas daninhas em plantio direto, como do capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e da trapoeraba (*Commelina benghalensis*). Quando a braquiária foi deixada para reinfestar a soja, sem aplicação de herbicidas, a redução do banco de sementes foi próxima de 50% da sua sobrevivência. A presença de um fator alelopático (ácido aconítico) foi identificada na biomassa de capim-marmelada. Espécies como amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) podem ter uma sobrevivência reduzida no solo de até quatro anos, em plantio direto, numa sequência trigo-soja, quando é deixada a palha e acompanhados de controles anuais eficientes de herbicidas (Voll et al., 2001).

Tabela 1. Sobrevivência de bancos de sementes de espécies de plantas daninhas na profundidade de 0-20 cm, em experimento de campo conduzido em Londrina, PR, 1994.

Planta daninha	Nome científico	Sistema de manejo	Sobrevivência (Estimativa) Anos	
			Com herbicida	Sem herbicida*
Capim-marmelada	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Convencional	12,2 a*	-
		Plantio Direto	5,2 b	-
Capim-colchão	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Convencional	5,6 a	-
		Plantio Direto	7,4 a	-
Trapoeraba	<i>Commelina benghalensis</i>	Convencional	42,0 a	21,3 b
		Plantio Direto	22,5 b	13,6 c
Carrapicho-de-carneiro	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Convencional	10,4 a	10,1a
		Plantio Direto	11,8 a	9,5 a

* Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Obs.: Sem herbicida houve predominância das infestações das gramíneas com aumento desses bancos de sementes. Duração do experimento: cinco anos. Infestação alta e uniforme de todas as espécies no banco de sementes.

II - Extração de ácido aconítico e testes sobre plantas daninhas

Voll et al. (2004) extraíram o fator alelopático da biomassa do capim-marmelada e identificaram por cromatografia o ácido aconítico (95%). O ácido aconítico (AA) identificado em gramíneas, como em capim-marmelada, seus efeitos alelopáticos e estímulo a fungos endofíticos de sementes de trapoera foi relatado por Voll et al. (2004). O AA resulta do metabolismo do açúcar na planta, apresentando a mesma fórmula molecular, porém a estrutural modificada (Goodwin & Mercer, 1983). Outros relatos sobre o AA indicam importantes funções fisiológicas (Rustamani et al., 1992; Thompson et al., 1997; Watanabe et al., 1997). O ácido t-aconítico é comumente encontrado em clarificações de caldo de cana-de-açúcar (Hanine et al., 1990). É um ácido orgânico de baixo peso molecular (174,11 g) e pode ser encontrado na solução do solo, juntamente com outros ácidos (Hees et al., 2000).

Testado comparativamente com semelhante substância analítica foram identificados semelhantes efeitos alelopáticos, então ocorridos em trapoera, em condições de câmara de crescimento controlada, em laboratório. Os efeitos alelopáticos do AA foram observados sobre sementes de diversas espécies de plantas daninhas, coletadas em diferentes municípios do Estado do Paraná, como amendoim-bravo, picão-preto, corda-de-viola e guanxuma (*Sida grandifolia*) (Voll et al., 2010). Igualmente, foi registrada a ocorrência de efeitos alelopáticos sobre a germinação e o crescimento da soja (Voll et al., 2009), variando com a cultivar de soja testada. Semelhantes efeitos podem ter sido responsáveis pela menor produtividade de certas cultivares de soja em plantio direto, comparado com o convencional, em inícios da introdução do sistema, em que gramíneas como a braquiária predominavam por ocasião das dessecações. Respostas de diferentes amplitudes foram observadas para locais de coleta de sementes de espécies daninhas, com reduções significativas ou não sobre a germinação, comprimentos do caule e das raízes de plântulas, principalmente. Tais efeitos tendem a favorecer a competição da cultura com as plantas daninhas.

a) Efeitos alelopáticos do AA sobre amendoim-bravo

Resultados de germinação, crescimento do caule e da raiz e a presença de fungos são apresentados na Tabela 2 e uma visualização dos efeitos na Figura 1a. Os municípios do Estado do Paraná foram ordenados de modo decrescente de germinação para o tratamento sem aplicação do AA, apresentando diferenças significativas. A germinação máxima e mínima de amendoim-bravo foi de 95,0% e de 16,0%, respectivamente, indicando ocorrer ampla capacidade de germinação e considerável amplitude no ano.

As reduções médias decorrentes dos efeitos alelopáticos foram de 35,8% na germinação, de 43,0% no comprimento do caule e de 87,5% no comprimento de raízes.

O estímulo de AA sobre a ocorrência de fungos endofíticos foi avaliado uma semana mais tarde sobre as sementes de amendoim-bravo remanescentes, determinado sobre as sementes iniciais, e feita uma tentativa de identificação dos mesmos. Dois tipos de fungos foram predominantes nessas sementes: *Aspergillus* sp. e *Fusarium* sp. Os microorganismos endofíticos de sementes, como fungos, são considerados patógenos latentes (Azevedo, 1988). Embora todos os locais apresentassem maior presença de fungos com AA, apenas 67% desses foram significativamente superiores. Os efeitos do AA traduzem-se na redução do período de sobrevivência do banco de sementes, que na média geral, estimulou o aumento de fungos endofíticos presentes de 11,1% para 36,6%, numa proporção de 1:3,3.

Os efeitos do AA sobre as espécies de plantas daninhas caracterizam-se pela redução do banco de sementes e do seu período de sobrevivência no solo, resultando numa menor competição com a cultura, como a de soja. A redução da altura favorece a cultura quanto à captação de luz. A redução do comprimento da raiz da planta daninha é o efeito mais importante, porque reduz a competição com a cultura por água e nutrientes. Caso ocorra um período de seca, sem chuvas, o estabelecimento do amendoim-bravo e sua competição com a cultura seriam desfavorecidos.

Tabela 2. Efeitos do ácido acético (Sem/Com AA) na germinação, no comprimento do caule e da raiz de amendoim-bravo, aos 12 dias, e fungos endofíticos, aos 19 dias, em diferentes locais do Estado do Paraná, em 2006.

Locais (24)	Germinação (%)		Caule (mm)		Raiz (mm)		Fungos (%)	
	S/ AA	C/ AA	S/ AA	C/ AA	S/ AA	C/ AA	S/ AA	C/ AA
Toledo	95,0 a ¹	94,0 ns	62,9	28,3*	47,7	5,2*	1,0	4,0 ns
Santa Terezinha I	89,5 ab	64,0*	64,3	35,1*	33,5	4,1*	2,5	35,0*
Formosa do Oeste	88,0 ab	66,0*	66,6	33,8*	49,0	9,2*	10,5	27,5*
Ubiratã	86,5 ac	42,0*	81,0	40,0 *	39,0	3,0*	3,0	65,5*
Matelândia	85,5 ac	46,0*	61,0	51,2*	31,1	4,7*	8,0	58,0*
C. Mourão-Farol	83,5 ac	84,5 ns	57,4	32,7*	35,1	3,3*	7,5	15,0 ns
Santa Terezinha II	83,0 ac	67,0*	60,1	35,4*	41,1	2,0*	0,0	24,5*
Assis-Jesuítas	82,5 ac	88,5 ns	78,7	33,1*	53,7	5,8*	7,5	7,5 ns
Medianeira-Chácara	77,9 df	53,5*	31,9	42,7 ns	29,9	9,0*	7,0	17,0 ns
Bragantina-Tupãssi	75,0 ad	74,5 ns	45,8	20,9*	37,0	7,3*	4,5	15,5 ns
Bandeirante Oeste	74,5 ad	57,5*	72,4	37,0*	55,6	5,2*	17,5	41,0*
Quinta do Sol	73,0 ad	80,0 ns	73,7	39,3*	50,2	1,5*	13,0	19,0 ns
Janiópolis-Farol	70,5 ae	81,5 ns	91,9	34,8*	72,0	7,8*	8,0	13,5 ns
São Pedro	69,5 be	48,5*	73,4	47,7*	37,1	6,2*	7,5	60,5*
Campo Mourão	69,0 be	34,0*	78,2	42,0*	36,9	2,8*	4,5	62,0*
Tupãssi	66,0 be	60,0 ns	48,3	37,1*	27,9	4,5*	9,0	27,0*
Cafelândia	62,0 cf	42,5*	57,3	38,4*	34,5	5,2*	9,5	55,0*
Mamborê	51,5 df	30,0*	65,6	33,3*	27,1	12,1*	20,0	62,0*
São Miguel Iguaçú	45,5 eg	24,0*	61,0	22,1*	31,1	3,2*	24,5	68,0*
Vera Cruz do Oeste	39,0 fh	23,0*	53,0	34,6*	28,7	13,5*	10,5	34,5*
Céu Azul	38,0 fh	48,0 ns	42,0	49,3*	21,4	6,0*	19,0	42,0*
Tupãssi-Assis	22,0 gh	25,5 ns	75,4	46,8*	28,6	14,7*	48,0	61,5*
Jataizinho-Pedágio	20,0 h	23,5 ns	36,6	28,5 ns	34,9	7,1*	20,0	38,0*
Peabiru	16,0 h	9,0 ns	38,6	27,0*	32,4	6,4*	5,0	24,5*
Médias	64,1	53,7*	60,3	36,0*	37,8	5,9*	11,1	36,6*
CV (%)	16,1		12,9		20,3		38,1	

¹ Médias na coluna, seguidas de mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Médias com asterisco (Com AA), nas linhas, diferem significativamente de (Sem AA), ou não são significativas (ns). Indicação de médias máximas e mínimas em negrito.

b) Efeitos alelopáticos do AA sobre corda-de-viola

Resultados de germinação e crescimento das plântulas são apresentados na Tabela 3, a presença de fungos na Tabela 4 e uma visualização dos efeitos na Figura 1b. Germinação e crescimento de plântula, caule e raiz, sem aplicações de AA, apresentaram variações significativas entre locais de coleta das sementes, variando a sua germinação entre 7,5% e 28,0% (A).

Consideradas as médias dos tratamentos para os locais (B) observa-se que as aplicações de AA afetaram os comprimentos do caule e raiz, reduzindo-os, enquanto que a germinação só foi aumentada significativamente com a escarificação.

Tabela 3. Efeitos dos ácidos sulfúrico (AS) e aconítico (AA) sobre a germinação e o crescimento do caule e da raiz de corda-de-viola, em diferentes locais do Estado do Paraná, em 2007.

Variáveis	Germinação (%)		Caule (cm)		Raiz (cm)	
A) Locais (7)						
- Sem AA						
Santa Mariana-C.A	7,5	a ¹	2,9	ab	3,3	ab
Jataí-Uraí	12,5	ab	2,3	a	1,9	a
Uraí-Posto Falcão	14,5	ab	3,3	ab	3,9	b
Nova Fátima-Corol	15,5	ab	3,8	ac	3,3	ab
Cornélio-Nova Fátima	15,5	ab	3,8	ac	2,1	a
Santo Antônio do Paraíso	18,0	ab	4,6	bc	4,8	b
Assaí-Amoreira	28,0	b	5,6	c	4,6	b
B) Tratamentos com AA						
- Médias de locais						
Sem AA	15,9	a	3,8	a	3,4	a
Com AA	17,3	a	1,0	b	0,2	b
AS+AA	26,6	b	1,3	b	0,2	b
CV (%)	37,7		43,7		59,9	

¹ Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 4, as determinações de sementes com a presença de tufo de fungos (endofíticos) na superfície somente é significativa para os quatro últimos locais. Observa-se que efeitos vão contribuir para uma inativação e maior redução do banco de sementes de corda-de-viola, reduzindo o período de sobrevivência desse banco de sementes de modo mais acentuado. Várias espécies de fungos foram identificadas, citando-se *Fusarium*, *Bipolaris*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*, entre outras.

Determinadas espécies apresentam um longo período de sobrevivência no solo, por apresenta-

rem um elevado grau de dormência. No entanto, podem ser susceptíveis a efeitos de substâncias alelopáticas, somando o estímulo ao desenvolvimento de fungos endofíticos das sementes, representados por diferentes espécies de fungos do solo (Voll et al., 1997a, 1997b, 1997c, 2004).

Tabela 4. Efeitos da aplicação do ácido sulfúrico (AS) e do ácido aconítico (AA) sobre a manifestação de fungos endofíticos (%) em sementes de corda-de-viola, coletadas em diferentes locais do Estado do Paraná, em 2007.

Locais (7)	Sem AA (%)	Com AA (%)	Com AS+AA (%)
Assaí	9,5 a ¹	11,5 a	20,5 a
Nova Fátima	19,0 a	24,0 a	33,0 a
Cornélio Procópio	37,5 a	36,5 a	56,5 a
Santo Antônio do Paraíso	9,5 a	9,5 a	51,5 b
Jataí	22,5 a	20,5 a	73,0 b
Uraí	25,5 a	22,5 a	73,0 b
Santa Mariana	2,0 a	5,5 a	78,0 b

¹ Médias na linha, seguidas de mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Uma semana após as observações dos efeitos alelopáticos, determinadas aos 12 dias, observou-se estímulo ao crescimento dos fungos endofíticos na superfície do tegumento das sementes remanescentes (Figura 1). Anteriormente, de modo análogo, na superfície das sementes de trapoeraba foi identificada a ocorrência do fungo *Fusarium solani*, do qual Hatzios (1987) extraiu o ácido fusárico e o transformou num herbicida de origem natural, o Picloran. Telles-Pupulin et al. (1996) observaram que a germinação de sementes e o crescimento de plântulas, principalmente das raízes de milho, podem ser afetadas pelo ácido fusárico, apresentando efeitos principalmente sobre a respiração celular.

c) Efeitos alelopáticos do AA sobre picão-preto

Resultados de germinação e crescimento das plântulas são apresentados na Tabela 5. Os percentuais de germinação e os comprimentos do caule e da raiz de picão apresentaram diferenças significativas entre os diferentes locais de origem das sementes, sem AA. A variabilidade dos fatores avaliados foi reduzida entre os locais com a aplicação do AA.

A germinação de picão-preto variou entre 47,8% e 32,0% (Sem AA). O AA reduziu a germinação de picão em cerca de 11%, na média, e o crescimento do caule e da raiz, em 17% e 23%, respectivamente.

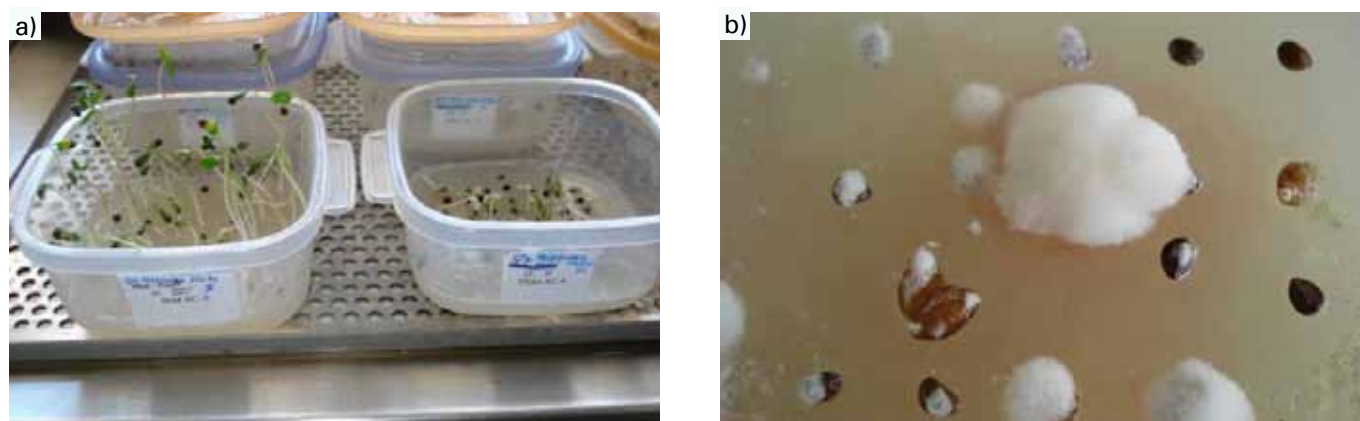


Figura 1. a) Plântulas de amendoim-bravo: sem e com ácido aconítico (AA); b) Sementes de corda-de-viola com AA, com fungo endofítico.

Tabela 5. Efeitos do ácido aconítico (AA) sobre a germinação e o crescimento do caule e da raiz de picão-preto, em diferentes locais do Estado do Paraná, em 2007.

Locais (12)	Germinação (%)		Caule (cm)		Raiz (cm)		
	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA	
Sta. Cecília Pavão	47,8	c ¹	37,5*	3,75	0,53*	2,38	0,51*
Cornélio–N.Fátima	47,3	cd	28,5*	3,22	0,54*	2,46	0,55*
São Judas Tadeu	46,0	bd	33,5*	3,76	0,56*	2,83	0,58*
Uraí–Posto Falcão	45,0	bd	34,3*	3,50	0,61*	3,85	0,64*
São Sebastião Am	44,8	bd	32,0*	2,88	0,53*	2,96	0,52*
IV Centenário	41,5	ad	33,5*	3,19	0,51*	3,24	0,71*
Campo Mourão	38,8	ad	19,3*	2,09	0,51*	1,83	0,56*
Formosa do Oeste	38,8	ad	31,0*	3,18	0,36*	3,24	0,48*
Jesuítas	38,0	ad	25,8*	1,93	0,41*	1,74	0,67*
São Miguel Iguaçu	35,0	ac	25,8*	2,41	0,44*	2,76	0,63*
Nova Sta. Bárbara	33,8	ab	31,5 ns	2,68	0,65*	2,15	0,57*
São Pedro	32,0	a	25,0 ns	2,62	0,61*	2,19	0,58*
Médias	40,7		29,8*	2,9	0,5*	2,6	0,6*
CV%		14,6		19,1		19,2	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Médias com asterisco (Com AA), nas linhas, diferem significativamente de (Sem AA), ou não são significativas (ns). Indicação de médias máximas e mínimas em negrito.

A ocorrência de fungos endofíticos em sementes de picão remanescentes indicou a predominância de três espécies, como *Fusarium* > *Bipolaris* > *Aspergillus*. No somatório das espécies, na maioria das vezes, a presença de fungos foi aumentada com a aplicação do AA. A porcentagem total de sementes com fungos aumentou de 4,8% para 20,5% com AA, no local de Campo Mourão; na média dos locais foi de 6,2% para 11,0%. A presença de fungos endofíticos nas sementes de picão reduz a sua germinação, resultando numa menor sobrevivência do banco de sementes.

d) Efeitos alelopáticos do AA sobre guanxuma

Resultados de germinação e crescimento das

plântulas são apresentados na Tabela 6. Diferenças significativas de germinação de sementes de guanxuma coletadas ocorreram entre 11 locais, variando entre 61,0% e 4,0%, na ausência do ácido aconítico. Também ocorreram variações significativas entre os locais para os comprimentos do caule e da raiz.

A aplicação de AA não resultou em efeitos inibitórios significativos na germinação de sementes coletadas em nove dos onze locais. A germinação foi reduzida em 12,4%, na média. No entanto, os comprimentos médios do caule e da raiz foram reduzidos em todos os locais, representando 70,6% e 83,3%, na média, respectivamente.

Tabela 6. Efeitos do ácido aconítico (AA) sobre a germinação e o crescimento do caule e da raiz em guanxuma, em diferentes locais do Estado do Paraná, em 2007.

Locais (11)	Germinação (%)		Caule (cm)		Raiz (cm)	
	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA	Sem AA	Com AA
São Sebastião Amor	61,0 a ¹	49,0 *	1,63	0,65*	2,05	0,15*
Jataizinho	43,5 b	36,0 ns	1,30	0,35*	1,85	0,15*
IV Centenário	36,5 bd	25,5*	1,68	0,48*	0,75	0,25 ns
Tupãssi	31,0 bd	24,0 ns	1,63	0,58*	1,88	0,20*
Jesuítas	29,5 bd	21,5 ns	2,08	0,5a*	2,00	0,45*
São Pedro do Ivaí	29,5 bd	23,0 ns	2,10	0,48*	1,63	0,20*
Cafelândia	26,5 cd	25,5 ns	2,33	0,43*	2,48	0,28*
Sta. Terezinha Itaipu	25,5 cd	25,0 ns	1,73	0,40*	2,63	0,15*
Floresta	18,5 de	26,5 ns	2,18	0,45*	1,75	0,10 *
Céu Azul	15,0 de	16,5 ns	1,28	0,78 *	1,65	0,55 *
São Miguel Iguaçu	4,0 e	7,5 ns	0,58	0,18 ns	0,75	0,30 ns
Médias	29,1	25,5 *	1,7	0,5 *	1,8	0,3 *
CV%	26,6		34,4		49,1	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Médias com asterisco (Com AA), nas linhas, diferem significativamente de (S/AA), ou não são significativas (ns). Indicação de médias máximas e mínimas em negrito.

Várias espécies de fungos endofíticos também foram observadas nas sementes de guanxuma remanescentes, como *Fusarium* e *Aspergillus*, principalmente, e outras como *Bipolaris*, *Rhizopus* e *Penicillium*. A aplicação de AA aumentou a infestação total das espécies observadas, sendo significativo o aumento de 24,6% para 30,6%, obtido para as médias dos locais.

III - Efeitos produzidos por diferenças ambientais e de manejo

Sementes de espécies de plantas daninhas coletadas em diversos locais do Estado do Paraná e testadas com ácido aconítico apresentaram amplas respostas de germinação e crescimento dentro da mesma espécie.

Resultados obtidos com a escarificação do tegumento da corda-de-viola feitas nessa pesquisa sugerem que o mesmo pode acontecer no solo, com o passar do tempo, pela atividade dos agentes biológicos. Desse modo, dependendo de como esses são afetados pelas características de solo, clima e manejo, possíveis efeitos das substâncias alelopáticas podem ser sensivelmente ampliados. Ou seja, com a penetração dessa substância no interior das sementes, estimulando o crescimento de fungos

endofíticos, esses aumentam os níveis de predação das sementes e, assim, o seu controle, ocorrendo a redução de sua sobrevivência. Esses fungos de solo penetram nas sementes enquanto ocorre a frutificação e a maturação das plantas daninhas nas lavouras, disseminam-se pela lavoura, afloram então à superfície dos tegumentos, nutrindo-se do seu interior e destruindo-as. Corda-de-viola é referida como espécie de baixa capacidade germinativa, apresentando um tegumento bastante impermeável. O tegumento dessas sementes, incluindo outras espécies do gênero *Ipomeae*, é duro, ou seja, impermeável. A esta característica é atribuída a manutenção da viabilidade das sementes por longo tempo (Stoller & Wax, 1973; Chandler et al., 1977). Tegumentos impermeáveis podem ser uma das causas de dormência das sementes devido à dificuldade em absorver água ou oxigênio, ou ambos. Para promover a absorção de água pelo tegumento é comum submetê-lo a escarificação química ou mecânica.

Assim, contribuem para o controle das plantas daninhas, fatores físicos e químicos de solo, clima e manejo, envolvendo coberturas contínuas do solo com culturas, níveis adequados de fertilidade do solo, distribuição uniforme das palhas sobre a superfície, entre outras práticas.

Entre fatores relacionados com o seu grau de germinação, estão as variações na produção de “sementes duras”, influenciadas pelo ano de produção das sementes (Stoller & Wax, 1973). Condições de temperatura a que a planta mãe foi submetida durante o seu desenvolvimento podem exercer considerável influência nas respostas quantitativas de germinação na luz e em temperaturas alternadas (Probert et al., 1985). Sementes que apresentam mucilagens, como as de amendoim-bravo, absorvem umidade e podem apresentar vantagens na germinação (Harper & Benton, 1966), sendo influenciadas pelas quantidades de chuva.

Determinadas espécies que apresentam um longo período de sobrevivência no solo por apresentarem um elevado grau de dormência, tem a germinação associada a fatores genéticos e ambientais, que determinam o seu grau de dormência (Chancellor, 1982).

Características diferenciadas das espécies de plantas daninhas apresentam particularidades de comportamento. Por exemplo, o picão-preto apresenta absorção de água facilitada podendo resultar em emergência de até 87,5% num período mínimo de tempo (Adegas et al., 2003). Observações adicionais indicam que sementes de picão-preto germinaram entre 78-90%, sendo que uma embebição prolongada mesmo por um dia, reduziu a emergência em 25% (Reddy & Singh, 1992). Espécies como amendoim-bravo e picão-preto apresentam elevada capacidade germinativa e curta sobrevivência no solo sob controle das infestações, ao contrário de trapoeraba (Voll et al., 2001).

IV - Sistemas de manejo

a) Sistema de manejo trigo/soja/pastagem

Representação esquemática de manejo integrado de culturas é apresentada na Figura 2, para um sistema de plantio direto (semeadura) trigo-soja, seguido uma pastagem de braquiária (Integração Lavoura-Pecuária). Observa-se que a cultura do trigo/aveia, segundo dados já apresentados para trapoeraba, pode liberar substâncias alelopáticas pelas raízes das plantas, no estado vegetativo, bem como posteriormente, pelas suas palhas em decomposição e, pelo sombreamento. Por sua vez, o estabelecimento de uma pastagem de braquiária pode liberar

igualmente substâncias alelopáticas, como o ácido aconítico, que interage com fungos internos contidos em sementes do banco de plantas daninhas, estimulando o seu crescimento e produção interna de substâncias tóxicas, que aumentam o controle das espécies sensíveis. Seus efeitos são o resultado da produção e interação em distintos ambientes de lavouras, envolvendo o seu manejo. A vantagem de se conduzir a pastagem por uma sequência de anos é que se poderá controlar espécies como o amendoim-bravo e o picão-preto, num curto período de tempo, de até quatro anos, inclusive de plantas resistentes a herbicidas, bem como evitar as poluições com aplicações constantes de outros produtos químicos.

b) Sistema de manejo trigo/soja/pastagem em agricultura orgânica

A produção de soja orgânica, em sistema semelhante, necessita seguir princípios de adubação adequados para essa finalidade, bem como estabelecer sistemas de manejo sem a aplicação de “venenos” para controle de plantas daninhas, de insetos e de doenças, como sugerido na Figura 3.

c) Consórcio milho/ gramínea / soja ou lavoura-pecuária (ILP)

As propostas atuais de associação de culturas, como a de milho e outras gramíneas (Ex.: braquiárias) podem reduzir espécies daninhas de difícil controle, como a buva (*Conyza* spp.), resistentes ou não a herbicidas. Testes preliminares em laboratório indicaram alta sensibilidade aos efeitos do ácido aconítico (AA). A importância desses efeitos é observada tanto na sua condição vegetativa, como na palha em decomposição, cobrindo o solo e adicionando sombreamento. Resultados de experimentos têm mostrado ser essa uma das melhores práticas de controle dessa invasora, evitando assim a intensificação dos problemas na cultura da soja.

Aplicações de K são citadas pela literatura como estimulantes das produções de AA em algumas espécies de gramíneas de pastagem (Grunes et al., 1992). Experimentos com aplicações de K em cultivos de milho sugerem a obtenção de aumentos de AA na biomassa das plantas, com possíveis acréscimos de efeitos alelopáticos no controle de plantas daninhas. Esse manejo, com irrigação, é sugerido para as regiões de Cerrado, para evitar a perda de K por lixiviação pelas chuvas, em solos arenosos.

Por ocasião do plantio da soja evitaria interferências na operação de semeadura. Segundo Benites et al. (2009) aumentos obtidos na produtividade de soja sugerem a absorção do adubo K aplicado pelo sistema radicular do milho e sua rápida liberação para a soja com a reciclagem.

Condições de manejo do milho, associado a condições ambientais favoráveis, devem ser observadas por ocasião da semeadura da soja.

O consórcio de milho com gramíneas, como as braquiárias (Altmann, 2010), apresenta a possibilidade de obtenção de produções normais de milho, sendo possível controlar espécies daninhas resistentes, como a buva, bem como suprir o pastoreio para o gado, posteriormente, durante o inverno.

Aspectos vantajosos podem ser levantados quanto ao uso de vinhaça em sistemas orgânicos, com as melhorias das características físicas e químicas dos solos. A vinhaça é uma fonte de K (Azânia et al., 2003), com potencial poluidor, produzida por usinas de açúcar e álcool, grandemente difundidas atualmente, sendo devolvidas para as lavouras de cana, gerando mesmo sobrecarga. Ela apresenta teores variáveis de ácido aconítico, em função da época de produção, e tem

mostrado controle alelopático sobre a germinação e crescimento de espécies daninhas, tanto em observações de laboratório, como em campo. O seu uso pode complementar ou substituir adubações potássicas e, possivelmente reduzir aplicações de herbicidas, considerando os efeitos alelopáticos que acompanham a sua aplicação. Essa operação deverá feita com antecedência de 30 a 60 dias à época de semeadura da soja. Atualmente, são mais promissoras as possibilidades econômicas da aplicação da vinhaça com a concentração dos volumes nas usinas.

De modo adicional indica-se as informações de Gonçalves e Franchini (2007).

d) Ciclo biológico e interação do banco de sementes de plantas daninhas com a cultura e o meio ambiente

Na Figura 4, é apresentado um gráfico do ciclo biológico e da interação do banco de sementes de plantas daninhas com a cultura, clima e solo. Evitar a produção de sementes e a sua disseminação é necessário. Conseguir-se o seu controle com sistemas de rotação cultural, cobertura do solo e com a complementação de herbicidas, entre outras alternativas de manejos adicionais.

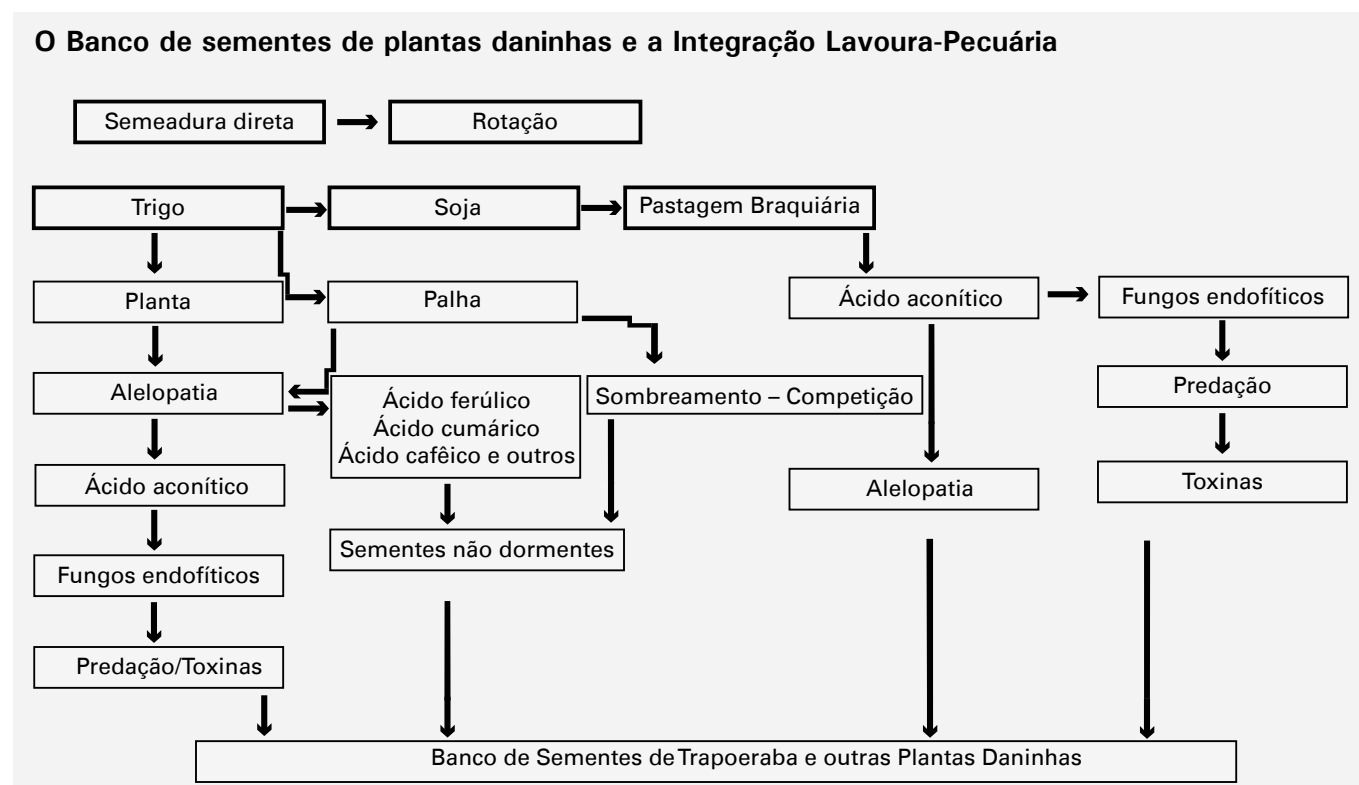


Figura 2. Componentes principais no controle da trapoeraba e outras plantas daninhas, complementado com controles herbicidas, na redução do período de sobrevivência do banco de sementes no solo.

O Banco de sementes de plantas daninhas e a agricultura orgânica

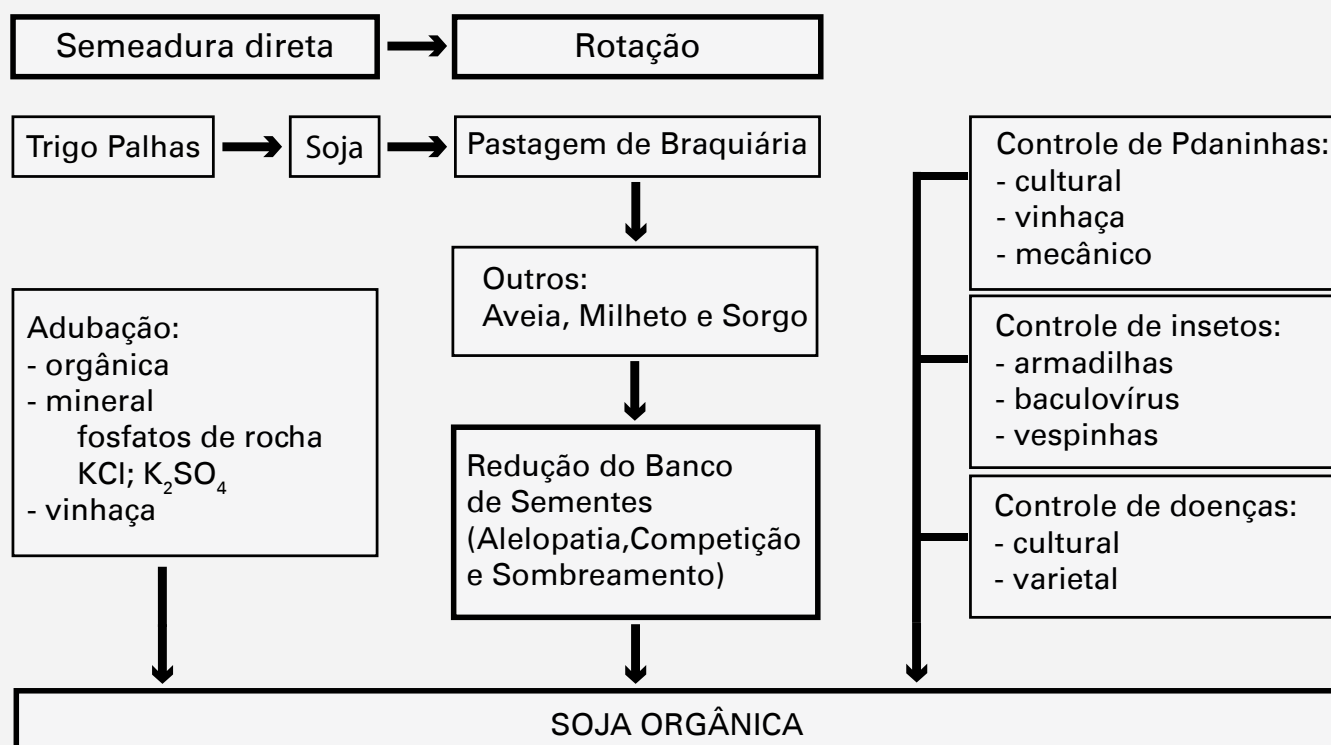


Figura 3. Componentes principais de produção de soja orgânica, com controle de plantas daninhas na redução do banco de sementes e de outras práticas associadas.

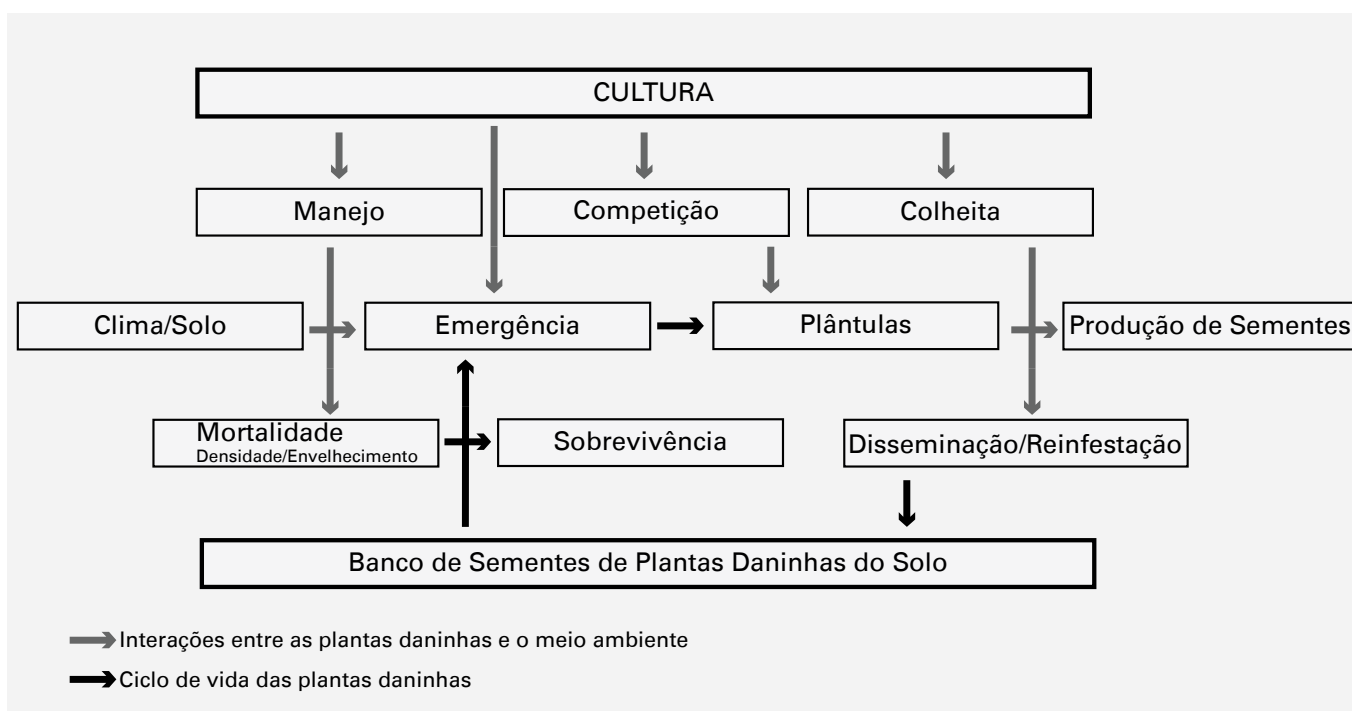


Figura 4. Ciclo biológico e interação do banco de sementes de plantas daninhas com a cultura.

Referências

- ADEGAS, F.S.; VOLL, E.; PRETE, C.E.C. Embebição e germinação de sementes de picão-preto (*Bidens pilosa*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 21-25, 2003.
- ALTMANN, N. **Plantio direto no cerrado: 25 anos acreditando no sistema**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2010. 568p.
- AZANIA, A.A.P.M.; MARQUES, M.O.; PAVANI, M.C.M.D.; AZANIA, C.A.M. Germinação de sementes de *Sida rhombifolia* e *Brachiaria decumbens* influenciada por vinhaça, flegmaça e óleo de fúsel. **Planta Daninha**, Campinas, v.21, n.3, p.443-449, 2003.
- AZEVEDO, J.L. Microorganismos endofíticos. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Ed.). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1988. p.117-138.
- BENITES, V; POLIDORO, J. C.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; MENEZES, J. F. S.; GOMES, G. V.; EVANGELISTA, C. C. M. Adubação antecipada de potássio sobre diferentes plantas de cobertura antes da soja em sistema plantio direto. **Direto do Cerrado-APDC**, Goiânia, v. 14, n. 65, p. 16-17, 2009.
- CHANCELLOR, R.J. Weed seed investigations. In: THOMPSON, J.R. **Advances in research technology of seeds**. Wageningen: International Seed Testing Association, 1982. part. 7, p.9-29.
- CHANDLER, J.M.; MUNSON, R.L.; VAUGHAN, C.E. Purple moonflower: emergence, growth, reproduction. **Weed Science**, Ithaca, NY, v.25, p.163-167,1977.
- FOLETTTO, M.P. **Efeitos alelopáticos da fração aquosa da *Brachiaria ruziziensis* L. e do ácido aconítico sobre a planta daninha *Ipomoea triloba* L.** 2011. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2011.
- GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry**. New York: Pergamon Press, 1983. 677p.
- GONÇALVES, S.L.; FRANCHINI, JC. **Integração lavoura-pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 8p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 44).
- GRUNES, D. L.; HUANG, J. W; SMITH, F. W.; JOO, P. K.; HEWES, D. A. Potassium effects on minerals and organic acids in three cool-season grasses. **Journal of Plant Nutrition**, New York, NY , v. 15, n. 6-7, p. 1007-1025, 1992.
- HANINE, H.; MOURGUES, J.; MOLINIER, J. Aconitic acid removal during cane juice clarification. **International Sugar Journal**, Bucks, v. 92, p. 219-220, 230, 238, 1103, 1990.
- HARPER, J. L.; BENTON, R. A. The behaviour of seeds in soil: II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. **Journal of Ecology**, v.54, n.1, p.151-166, 1966.
- HATZIOS, K. K. Biotechnology applications in weed management now and in the future. **Advances in Agronomy**, New York, NY , v.39, p.325-375, 1987.
- HEES, PAW-VAN; LUNDSTROM, U.S.; GIESLER, R; VAN, HEES-PAW; LUNDSTROM, U.S.; VAN-BREEMEN, N.; BAIN, D.C. Low molecular weight organic acids and their Al-complexes in soil solution - composition, distribution and seasonal variation in three podzolized soils. Special issue: The podzolization process. **Geoderma**, Amsterdam , v.94, n.2-3-4, p.173-200, 2000.
- KAGAMI, F.L. **Efeito da fração aquosa de *Brachiaria ruziziensis* e do ácido trans-aconítico na germinação e no crescimento da planta daninha *I. grandifolia* L.** 2012. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2012.
- PROBERT, R.J.; SMITH, R.D.; BIRCH, P. Germination responses to light and alternating temperatures in European populations of *Dactylis glomerata* L. I. Variability in relation to origin. **New Phytologist**, Oxford, v.99, n.305-316, 1985.
- REDDY, K.N.; SINGH, M. Germination and emergence of hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). **Weed Science**, Ithaca-NY , v.40, n.2, p.195-199, 1992.
- RUSTAMANI, M.A.; KANEHISA, K.; TSUMUKI, H.; SHIRAGA, T. Further observations on the relation between aconitic acid contents and aphid densities on some cereal plants. **Bulletin Research Institute of Bioresources**, Okayama University, v.1, n.1, p.9-20, 1992.

STOLLER, G.W.; WAX, L.M. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. **Weed Science**, Ithaca-NY, v.21, n.6, p.574-580, 1973.

TELLES-PUPULIN, A.R.; DINIZ, S.P.S.S.; BRACHT, A.; ISHII-IWAMOTO, E.L. Effects of fusaric acid on respiration in maize root mitochondria. **Biologia Plantarum**, Prague, v.18, n.3, p.421-429, 1996.

THOMPSON, F.; SCHAEFER, S.C.; MADISON, J.T. Role of aconitate isomerase in trans-aconitate accumulation in plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.45, n.9, 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 bengalensis* and *Acanthospermum hispidum* in soybean cropping systems. **Journal of Chemical Ecology**, New York, NY, v.30, n. 7, p. 1467-1475, 2004.

VOLL, E.; GARCIA, A.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S. Alelopatia do ácido aconítico em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.44, n. 6, p. 645-648, 2009.

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S. Ácido aconítico em sementes de espécies de plantas daninhas de diferentes locais. **Planta Daninha**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 13-22, 2010.

VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D. Dinâmica de populações de carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC.) sob manejos de solo e de herbicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 9, p. 897-904, 1997a.

VOLL, E.; KARAM, D.; GAZZIERO, D. L. P. Dinâmica de populações de capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.) sob manejos de solo e de herbicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 373-378, 1997b.

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**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 571-578, 1997c.

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Planta Daninha**, Campinas, v.19, n.2; p.171-178, 2001.

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**, New York, NY, v.35, p.97-102, 1997.

Circular Técnica, 101

Embrapa Soja

Endereço: Rod. Carlos João Strass, s/n, acesso Orlando Amaral, C.P. 231, CEP 86001-970, Distrito de Warta, Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000 Fax: (43) 3371 6100
E-mail: cnpso.sac@embrapa.br

1ª edição
On-Line (2013)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
& Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Ricardo Villela Abdelnoor

Secretário-Executivo: Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros: Adeney de Freitas Bueno, Adônis Moreira, Alvari Antonio Balbinot Junior, Claudio Guilherme Portela de Carvalho, Decio Luiz Gazzoni, Francimar Correa Marcelino-Guimarães, Fernando Augusto Henning e Norman Neumaier.

Expediente

Supervisão editorial: Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol
Normalização bibliográfica: Ademir Benedito Alves de Lima

Editoração eletrônica: Thais Cavalari Rosa