

## Efeito alelopático de *Artemisia annua* L. na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.)

MAGIERO, E.C.; ASSMANN, J.M.; MARCHESE, J.A.\*; CAPELIN, D.; PALADINI M.V.; TREZZI, M.M.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Via do Conhecimento - km 01, Pato Branco - PR, Brasil, CEP 85.503-390. \*abramo@pq.cnpq.br

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de *A. annua* sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.). O extrato aquoso bruto foi preparado a partir de 250 g folhas frescas extraídas em 1 L de água destilada. Este primeiro extrato foi filtrado e centrifugado, sendo utilizado o sobrenadante. Foram utilizadas as seguintes concentrações de 100% (extrato filtrado e centrifugado); 75%, 50% e 25% (diluições do extrato 100%); e 0% (água destilada). As sementes das espécies testadas foram distribuídas em placas de petri e acondicionadas em câmara de germinação. Foram analisadas as variáveis: germinabilidade (G), velocidade média de germinação (V), tempo médio de germinação (t), comprimento da radícula (CR) e massa seca das plântulas. A elevação da concentração do extrato aquoso de *A. annua* provocou redução na germinabilidade de alface e, a partir da concentração de 50%, a germinação foi completamente inibida. Para o leiteiro, a germinação foi totalmente inibida a partir da concentração de 75%. Observou-se também redução significativa na velocidade média de germinação de alface com a elevação da concentração do extrato, efeito que não foi observado para o leiteiro. O comprimento radicular do leiteiro foi significativamente reduzido nas concentrações de 25 e 50%, e totalmente inibido em 75 e 100%. Para alface, a concentração de 25% reduziu significativamente o comprimento radicular, e as concentrações de 50, 75 e 100% inibiram completamente a formação de raízes, mostrando ser esta espécie mais sensível que o leiteiro. Extratos aquosos de *A. annua* apresentaram ação alelopática inibitória sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de alface e leiteiro.

**Palavras-chave:** alelopatia, germinabilidade, velocidade média de germinação, tempo médio de germinação

**ABSTRACT:** Allelopathic effect of *Artemisia annua* L. on the germination and initial development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.) seedlings. The aim of this work was to study the allelopathic effect of leaf aqueous extract of *A. annua* on seed germination and seedling development in lettuce (*Lactuca sativa* L.) and wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.). Crude aqueous extract was prepared from 250 g fresh leaves extracted in 1 L distilled water. This first extract was filtered and centrifuged and the supernatant was used. The following concentrations were employed of 100% (filtered and centrifuged extract), 75%, 50%, 25% (dilutions of the 100% extract) and 0% (distilled water). Seeds of the tested species were distributed in Petri dishes and placed into germination chambers. The analyzed variables were: germinability (G), germination mean velocity (V), germination mean time (t), radicle length (RL) and seedling dry matter. The increase in the concentration of *A. annua* aqueous extract reduced lettuce germinability and, from 50% concentration, germination was completely inhibited. For wild poinsettia, germination was completely inhibited from 75% concentration. There was a significant reduction in lettuce germination mean velocity with increasing extract concentrations, which was not observed for wild poinsettia. Radicle length in wild poinsettia significantly reduced at the concentrations 25 and 50% and was totally inhibited at 75 and 100%. As regards lettuce, 25% concentration significantly reduced radicle length, and the concentrations 50, 75 and 100% completely inhibited root formation, indicating this species is more sensitive than wild poinsettia. *A. annua* aqueous extracts presented inhibitory allelopathic action on seed germination and seedling development in lettuce and wild poinsettia.

**Key words:** allelopathy, germinability, germination mean velocity, germination mean time

## INTRODUÇÃO

O uso inadequado de herbicidas tem aumentado a resistência de plantas daninhas a algumas classes destes pesticidas. Como alternativa, estudos relacionados à ação alelopática de plantas são úteis na busca de novas moléculas com ação herbicida ou reguladora de crescimento, geralmente pertencentes a classes de metabólitos secundários, menos prejudiciais ao ambiente, quando comparados aos agroquímicos sintéticos. Investigações na área de alelopatia podem oferecer oportunidades para resolver problemas práticos da agricultura e para contribuir no conhecimento da química e biologia de relações interespecíficas das plantas (Gorla & Perez, 1997), trazendo soluções alternativas aos agroquímicos sintéticos (Peres et al., 2004) e objetivando um manejo mais sustentável e ecológico na produção agrícola (Maraschin-Silva & Aqüila, 2006), através do desenvolvimento de herbicidas, reguladores de crescimento e produtos farmacêuticos a partir de biomoléculas naturais (Bagchi et al., 1997).

A alelopatia tem sido comumente definida como a capacidade dos vegetais superiores ou inferiores produzirem substâncias químicas, com ação direta ou indireta, estimuladora ou inibidora, que influencia o desenvolvimento da comunidade de plantas ou microorganismos, devido às substâncias químicas liberadas no ambiente (Rice, 1984). Essas substâncias pertencem a diferentes categorias de compostos, tais como fenóis, terpenos, alcalóides, poliacetilenos, ácidos graxos e peptídeos (Periotto et al., 2004).

Os aleloquímicos estão relacionados a processos fisiológicos das plantas agindo como inibidores da germinação e crescimento (Bagchi et al., 1997; Mano, 2006). O efeito visível dos aleloquímicos sobre as plantas é somente uma sinalização secundária do efeito desses compostos sobre a germinação e o desenvolvimento ocorridos inicialmente em nível molecular e celular (Ferreira & Áquila, 2000).

Além do uso da parte aérea total e das raízes (Delachiave et al., 1999; Ducca & Zonetti, 2008), alguns trabalhos demonstraram o efeito alelopático de diferentes órgãos da parte aérea testados em separado, como caules, folhas, flores e frutos (Gatti et al., 2004).

A *Artemisia annua* L. (Asteraceae) é planta herbácea altamente aromática, nativa da Ásia e aclimatada no Brasil. As folhas são fontes abundantes de artemisinina, uma lactona sesquiterpênica que, conjuntamente aos seus derivados semi-sintéticos, apresenta ação efetiva contra as cepas resistentes das espécies de *Plasmodium* causadoras da malária (Klayman, 1985; Balint, 2001; WHO, 2005; Enserink, 2005). *A. annua* também apresenta ação contra parasitas que afetam a saúde humana e animal, como *Coccidia* spp. (Allen et al., 1997), *Leishmania* spp.

(Yang & Liew, 1993) e *Neospora caninum* (Kim et al., 2002), além de atividade anti-câncer (Posner et al., 1999; Singh & Lai, 2004; Efferth, 2005; Lai & Singh, 2006).

Bagchi et al. (1997) relatam a atividade alelopática da artemisinina e seus derivados semi-sintéticos, através da inibição da germinação de sementes e do desenvolvimento de plântulas de monocotiledôneas, como *Hordeum vulgare* e *Secale cereale* e dicotiledôneas, como *Amaranthus blitum*, *A. annua*, *L. sativa*, *Portulaca oleraceae* e *Raphanus sativus*.

Embora a molécula de artemisinina e os derivados semi-sintéticos apresentem ação herbicida, não há relatos na literatura de experimentos testando o extrato bruto de *A. annua* e seu efeito alelopático. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo caracterizar o efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de *A. annua*, híbrido Artemis, sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* L.).

## MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Vegetal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco. Foram coletadas folhas de planta adulta de *A. annua*, híbrido Artemis, em novembro/2007.

Para a obtenção do extrato aquoso, foram trituradas 250 g de folhas frescas em 1 L de água destilada, com o auxílio de um liquidificador, por um minuto. Em seguida filtrou-se o extrato, e centrifugou-se por 5 min a 3000 rpm. Retirou-se o sobrenadante, e a partir deste - denominada concentração 100% - foram feitas diluições com água destilada para 75, 50 e 25%. O efeito destas quatro concentrações foi comparado com o de água destilada, considerada como controle (concentração 0%). A massa seca do extrato aquoso, depois de filtrado e centrifugado, representou 1,16% do total.

Nos bioensaios de germinação foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes de alface e de leiteiro, distribuídas equidistantemente em placas de petri ( $\text{AE} = 9 \text{ cm}$ ) contendo três discos de papel-filtro (Whatman nº1). Cada placa recebeu 4 mL do extrato do respectivo tratamento, antes da semeadura. Para evitar a evaporação dos extratos, selaram-se as placas com filme de PVC. Os discos de papel filtro foram mantidos úmidos com água destilada, quando necessário. Após, as placas de petri foram levadas para câmaras climatizadas com temperatura de  $\pm 25^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas e  $\pm 27^\circ\text{C}$  e 24 horas, para sementes de alface e de leiteiro, respectivamente.

As avaliações foram realizadas às 48, 72, 96, 120 e 144 horas. Procedeu-se a contagem das

sementes germinadas e mediu-se o comprimento (mm) das raízes primárias das plântulas, ou seja, a distância do colo da plântula até o ápice meristemático do sistema radicular, com a utilização de papel milimetrado. Considerou-se germinada a semente que apresentava em torno de 5 mm de protusão radicular. As plantas foram consideradas normais ou anormais seguindo as *regras para análise de sementes* do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Brasil, 1992).

Os cálculos de germinabilidade (G), tempo médio (t) e velocidade de germinação (V) foram realizados conforme fórmulas citadas por Labouriau & Valadares (1976):

**(1) Germinabilidade:**

$$G = (N/A) \cdot 100$$

onde: **G** = germinabilidade; **N** = número de sementes germinadas; **A** = número total de sementes colocadas para germinar.

**(2) Tempo médio de germinação:**

$$t = (\sum ni \cdot ti) / \sum ni$$

onde: **t** = tempo médio de germinação; **ni** = número de sementes germinadas por dia; **ti** = tempo de incubação (24 horas).

**(3) Velocidade média de germinação:**

$$V = 1/t$$

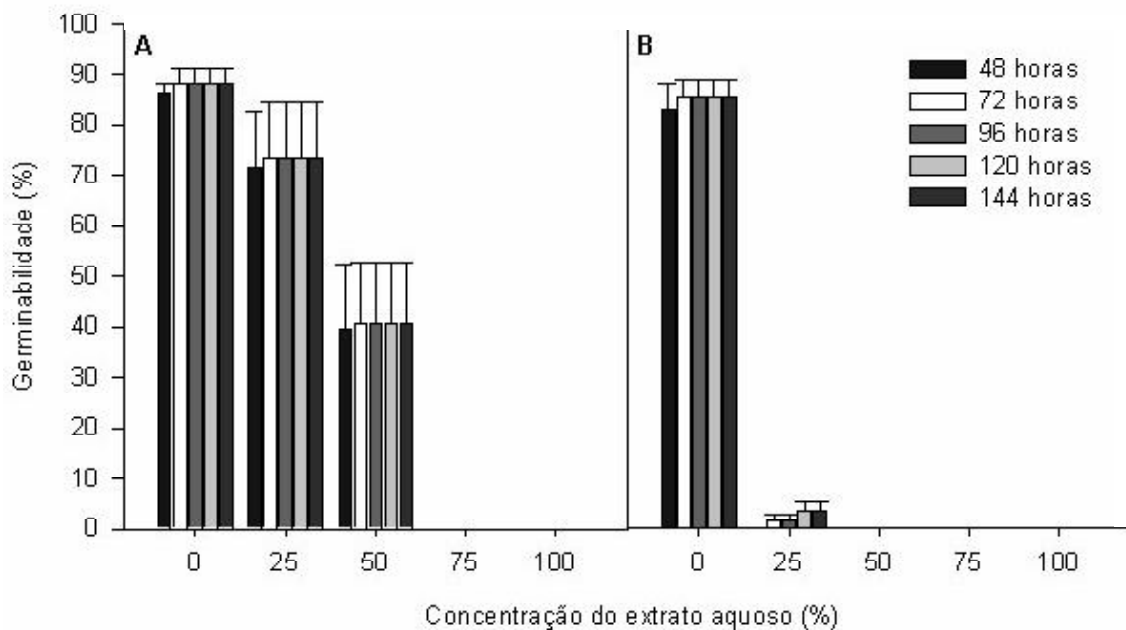
onde: **V** = velocidade média de germinação; **t** = tempo médio de germinação.

O delineamento utilizado foi bifatorial inteiramente casualizado (concentrações x períodos de avaliação), com quatro repetições para cada tratamento. Os valores de porcentagem de germinação foram transformados para arco seno ( $\sqrt{X/100}$ ). Os resultados das avaliações foram submetidos à análise da variância. As variáveis que se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Foram ajustadas regressões polinomiais para as concentrações de extrato e horas (variáveis independentes) com a variável dependente comprimento de radícula, buscando o modelo que melhor expressasse esta relação. Foram testados modelos linear e quadrático e a escolha foi baseada na significância ( $p \leq 0,05$ ) e no coeficiente de determinação. Para as demais variáveis dependentes avaliadas, utilizou-se comparação de médias através do teste de Tukey a ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade de erro. O programa estatístico utilizado foi o GENES®.

**RESULTADO E DISCUSSÃO**

A análise da variância pelo teste F detectou interação significativa entre concentrações dos extratos e períodos de avaliação para as variáveis germinabilidade e comprimento de radícula de alface. Não houve interação significativa entre os fatores concentração e períodos de avaliação para a variável germinabilidade de leiteiro, sim para o comprimento de radícula.

Para sementes de leiteiro (Figura 1 A), não



**FIGURA 1.** Germinabilidade de sementes de leiteiro (A) e alface (B) sob o efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de *Artemisia annua* L.. UTFPR, 2008.

**TABELA 1.** Germinabilidade de alface sob o efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de *Artemisia annua* L. UTFPR, 2008.

Concentração do extrato aquoso (%)	Período no Germinador				
	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas	144 horas
	Germinabilidade (%)*				
0	91,20 Aa	94,08 Aa	94,08 Aa	94,08 Aa	94,08 Aa
25	00,00 Bb	00,96 ABb	00,96 ABb	01,92 ABb	02,88 Ab
50	00,00 Ab	00,00 Ac	00,00 Ac	00,00 Ac	00,00 Ac
75	00,00 Ab	00,00 Ac	00,00 Ac	00,00 Ac	00,00 Ac
100	00,00 Ab	00,00 Ac	00,00 Ac	00,00 Ac	00,00 Ac
CV (%)	24,20				

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

**TABELA 2.** Germinabilidade de leiteiro sob o efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de *Artemisia annua* L. UTFPR, 2008.

Concentração do extrato aquoso (%)	Período no Germinador					Médias*
	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas	144 horas	
	Germinabilidade (%)					
0	86,42	88,26	88,26	88,26	88,26	87,89 a
25	71,76	73,06	73,06	73,06	73,06	72,80 a
50	39,58	40,50	40,50	40,50	40,50	40,31 b
75	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00 c
100	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00 c
CV (%)	15,04					

\*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $P=0,05$ ).

houve interação significativa entre os fatores para germinabilidade (Tabela 2), mas houve interação para comprimento de radícula. A inibição completa da germinação ocorreu na concentração de 75% do extrato aquoso. Na concentração de 25%, a germinabilidade média não diferiu da testemunha. Já, a concentração 50%, resultou em redução de 53,68% da germinabilidade em relação à testemunha e de 44,62% em relação à concentração de 25% (Tabela 2).

Com relação à alface (Figura 1 B), observou-se que na testemunha (água destilada) não houve diferença significativa para germinabilidade entre os períodos de avaliação. Na presença do extrato a 25%, a germinabilidade de alface foi menor do que 10% em todos os períodos avaliados. Nessa concentração de extrato, não houve diferenças de germinabilidade entre os diferentes períodos avaliados, com exceção do período 48 horas, em que não haviam ainda

sementes germinadas (Tabela 1). Nesta concentração, houve redução de 97% na germinabilidade em relação à testemunha. Já, nas concentrações de 50% e acima houve total inibição da germinação das sementes de alface.

Segundo Ferreira & Borghetti (2004), freqüentemente, o efeito alelopático não ocorre através da redução da germinabilidade (percentual final de germinação), mas sobre a velocidade de germinação. Na concentração de 25%, para a alface, a velocidade média de germinação foi de 0,009 sementes hora<sup>-1</sup>, menor do que a da testemunha (0,021 sementes hora<sup>-1</sup>) e o tempo médio de germinação foi superior (112 horas) ao da testemunha (48,7 horas) (Tabela 3). Isso significa que o vigor dos aquênios de alface foi afetado e que a redução da velocidade média promoveu um aumento no número de horas para que ocorresse a germinação.

**TABELA 3.** Tempo médio e velocidade média de germinação de alface e leiteiro sob o efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de *Artemisia annua* L. UTFPR, 2008.

Concentração do extrato aquoso (%)	Alface		Leiteiro	
	t*	V**	t*	V**
0	48,70 b <sup>1</sup>	0,021 a	48,50 a	0,021 a
25	112,00 a	0,009 b	48,50 a	0,021 a
50	00,00 c	00,00 c	48,50 a	0,021 a
75	00,00 c	00,00 c	00,00 b	00,00 b
100	00,00 c	00,00 c	00,00 b	00,00 b

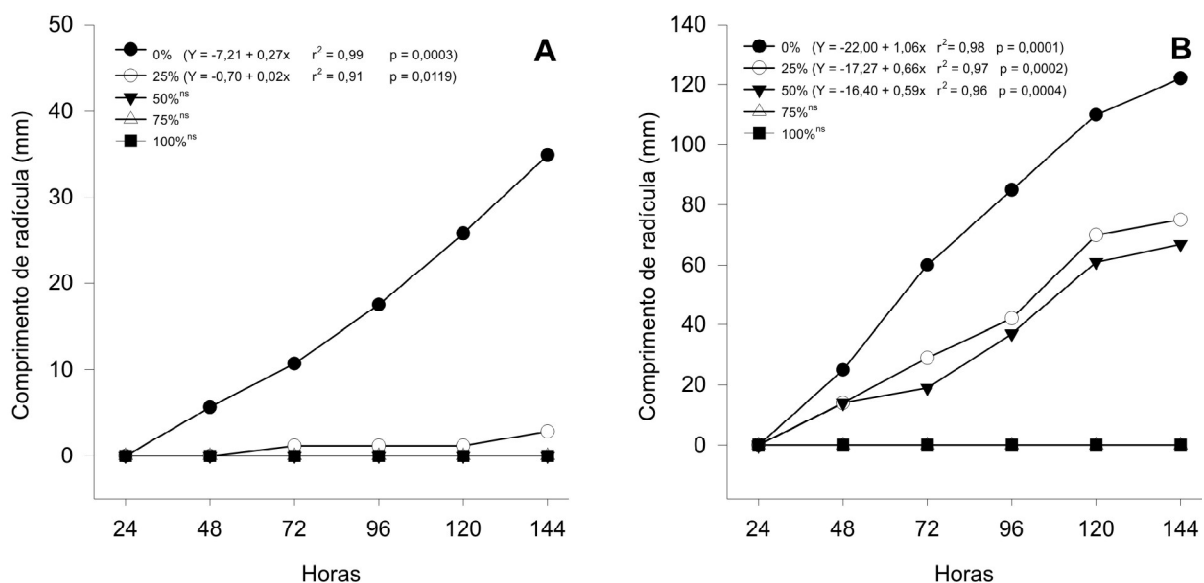
\* O tempo médio de germinação foi expresso em horas; \*\* A velocidade média de germinação é expressa em sementes germinadas hora<sup>-1</sup>  
<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey (P=0,05).

Possivelmente, o aumento da germinabilidade de sementes de alface verificado a partir das 72 horas, no tratamento 25% (Tabela 01), deveu-se ao fenômeno de detoxificação, que ocorre durante a fase inicial do processo germinativo. Os processos de detoxificação incluem oxidação, conjugação de carboidratos, outras conjugações e incorporações de aleloquímicos em compartimentos de depósito (ex.: vacúolo) e a excreção. Um importante passo na detoxificação é a formação de açúcares conjugados através da atividade de glicosil-transferases (Inderjit & Duke, 2003).

Para o leiteiro, o tempo médio de germinação nas concentrações de 0%, 25% e 50% do extrato aquoso foi de 48,5 horas, tendo velocidade média de germinação de 0,021 sementes hora<sup>-1</sup> (Tabela 3). Ou seja, a elevação da concentração de extratos até o limite de 50% não afetou a velocidade e o tempo de germinação. No entanto, concentrações acima da referida inibiram completamente a germinação do leiteiro (Tabela 3).

Para a variável comprimento de radícula (CR), houve interação entre os fatores concentração de extrato e período de avaliação, tanto para a alface quanto para o leiteiro, sendo realizadas somente regressões para as concentrações em que ocorreu a germinação. Somente ocorreu crescimento radicular da alface com a utilização de 0% e 25% de extrato aquoso (Figura 2 A), nas quais se verificou taxas de 0,27 mm hora<sup>-1</sup> e 0,02 mm hora<sup>-1</sup>, respectivamente. Na concentração de 25% do extrato aquoso, o crescimento radicular foi reduzido em média 89% em relação à testemunha, ficando evidente o efeito alelopático de *A. annua* também sobre o crescimento radicular de alface. Redução no comprimento de radícula de alface foi observada por Hoffmann et al. (2007), usando extratos aquosos de *Nerium oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott.

Já, para o leiteiro, verificou-se crescimento radicular nos tratamentos com 0%, 25% e 50% de extrato aquoso (Figura 2 B), atingindo taxas de 1,06



**FIGURA 2.** Efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de *Artemisia annua* L. no comprimento da raiz primária de alface (A) e leiteiro (B). UTFPR, 2008.

mm hora<sup>-1</sup>, 0,66 mm hora<sup>-1</sup> e 0,59 mm hora<sup>-1</sup>, respectivamente. As reduções do crescimento radicular em relação à testemunha foram de 43% e 49%, respectivamente, nas concentrações de 50% e 25%. Portanto, os resultados das variáveis germinabilidade, velocidade e tempo de germinação e comprimento de radícula, demonstram maior sensibilidade da alface às substâncias presentes nos extratos aquosos de *A. annua*, quando comparada ao leiteiro. Almeida et al. (2008), utilizando extratos de *Leonurus sibiricus* em sementes de *Lactuca sativa*, *Lepidium sativum* e *Raphanus sativus*, também observaram maior sensibilidade da alface às substâncias presentes nos extratos. Diferenças de sensibilidade entre espécies alvo são comuns em trabalhos verificando alelopátia (Delachiave et al., 1999; Hoffmann et al., 2007; Almeida et al., 2008). O fato dos mecanismos de absorção, translocação e o local de ação de substâncias variarem entre espécies alvo distintas explicam as diferenças de seletividade entre as espécies testadas no presente experimento.

Verificou-se que as raízes primárias das plântulas de alface e de leiteiro do tratamento testemunha apresentaram desenvolvimento normal. Já, nas demais concentrações, anomalias nas plântulas de alface foram evidentes, sendo que as raízes primárias apresentaram-se danificadas, ocorrendo deformação do hipocótilo (aumento ou diminuição do diâmetro) e desenvolvimento de pêlos radiculares atrofiados e de tamanho desproporcional em relação às outras estruturas da planta, além da oxidação da coifa. No tratamento com 25% de concentração do extrato aquoso para leiteiro, as anomalias nas plântulas foram: raízes primárias danificadas, ocorrendo deformação do hipocótilo e desenvolvimento de pêlos radiculares atrofiados ou ausentes. No tratamento com 50% de concentração, as anomalias foram as mesmas apresentadas na concentração de 25%, acrescidas da não formação de folhas primordiais.

Desta forma, como observado no trabalho de Hoffmann et al. (2007), neste trabalho também constatou-se que o sistema radicular das plantas é o mais sensível a ação de aleloquímicos, porque o seu alongamento depende da divisão celular que, se inibida, compromete o seu desenvolvimento normal. Muitos aleloquímicos inibem o crescimento das plantas e seu desenvolvimento por afetarem diretamente a divisão celular (Hess, 1987).

Não foi verificada influência das distintas concentrações de extratos no peso de matéria seca total das plântulas de alface e leiteiro, sendo as médias de 0,021 g e 0,19 g por 25 sementes, respectivamente. As avaliações foram realizadas até 144 horas após a semeadura, e avaliou-se apenas o início do processo de alongamento, onde não há acúmulo de matéria seca.

Delachiave et al. (1999) relatam que o extrato aquoso de *Artemisia absinthium*, que é uma planta do mesmo gênero da *A. annua*, apresentou efeito sobre a germinação de pepino e tomate. Cruz et al. (2002) também observaram reduções da germinação de *B. pilosa* quando aplicaram extrato bruto aquoso de *A. absinthium*. Dudai et al. (1999) reportam inibição da germinação de trigo por *Artemisia arborescens*, *Artemisia judaica* (variedades Israeli e Sinai). *A. annua* pertence à família Asteraceae, que é a maior e mais dispersa família do reino vegetal, compreendendo aproximadamente 23.000 espécies e mais de 1.500 gêneros. Nessa família foram identificadas mais de 4.000 lactonas sesquiterpênicas, um dos maiores grupos de metabólitos secundários de plantas, os quais vêm recebendo considerável atenção nas últimas décadas por possuírem uma larga variedade de atividades biológicas, e que aparentam ter um excepcional valor ecológico para as plantas que sintetizam essa classe de moléculas, responsáveis pelo sucesso evolucionário desta família. Acredita-se que a maioria desses compostos exerce sua atividade alelopática através de um mecanismo químico de ação comum que é a alquilação de moléculas orgânicas. Um grande número de enzimas e outras macromoléculas essenciais são inibidas por lactonas sesquiterpênicas, usualmente, em baixas concentrações (Schimidt, 1999).

Como a maioria das espécies da família Asteraceae, *A. annua* também produz lactonas sesquiterpênicas, principalmente a artemisinina. A artemisinina apresentou atividade herbicida em trabalhos desenvolvidos por Duke et al. (1987), Chen & Leather (1990), Bagchi et al. (1997) e Dayan et al. (1999). Bagchi et al. (1997) testaram artemisinina e dois de seus precursores, o ácido artemisinínico e arteanuina B, mais o derivado semi-sintético arteéter, em diversas espécies de mono e dicotiledôneas (*Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *Amaranthus blitum*, *A. annua*, *L. sativa*, *Portulaca oleracea* e *Raphanus sativus*). O derivado semi-sintético arteéter foi a molécula mais efetiva na inibição do desenvolvimento das plântulas. A artemisinina apresentou menos atividade na maioria das plantas testadas, se apresentando mais tóxica a espécies monocotiledôneas, enquanto que o arteéter apresentou-se mais tóxico em sementes de dicotiledôneas.

Duke et al. (1987) estudaram a atividade alelopática da artemisinina em *Ipomoea lacunosa*, *A. annua* e *L. sativa*, e, nesta última espécie, observaram menor condensação dos cromossomos durante a mitose, sendo este processo similar a ação do herbicida cinmetilina. Dayan et al. (1999) verificaram inibição do crescimento radicular de sementes de alface e azevém provocada pelos sesquiterpenos artemisinina, dihidroartemisinina e

arteéter. A artemisinina reduziu a mitose em células do meristema apical de raízes de cebola e afetou diretamente a divisão celular das sementes alvo de alface e azevém. Foi observada a produção de fases mitóticas aberrantes, cujos cromossomos, apesar de bem definidos, não estavam corretamente arranjados dentro das células.

Neste trabalho, concluiu-se que o extrato aquoso bruto de plantas de *A. annua*, híbrido Artemis, apresentou efeito alelopático sobre a germinação e o crescimento radicular de plântulas de alface e leiteiro, não sendo constatado neste estudo qual foi o composto responsável pela ação alelopática, visto que o extrato utilizado não foi fracionado. Estudos posteriores serão conduzidos buscando-se determinar o composto ou compostos responsáveis pela ação alelopática. Além disso, constatou-se que alface apresenta-se mais sensível ao efeito alelopático do extrato aquoso de *A. annua* do que o leiteiro.

## REFERÊNCIA

- ALLEN, P.C.; LYDON, J.; DANFORTH, H.D. Effects of components of *Artemisia annua* on coccidia infections in chickens. **Poultry Science**, v.76, p.1156-63, 1997.
- ALMEIDA, L.F.R. de et al. *In vitro* allelopathic potential of *Leonurus sibiricus* L. leaves. **Journal of Plant Interactions**, v.3, n.1, p.39-48, 2008.
- BAGCHI, G.D.; JAIN, D.C.; KUMAR, P.O. Arteether: a potent plant growth inhibitor from *Artemisia annua*. **Phytochemistry**, v.45, n.6, p.1131-3, 1997.
- BALINT, G.A. Artemisinin and its derivatives. An important new class of antimalarial agents. **Pharmacology & Therapeutics**, v.90, n.2-3, p.261-5, 2001.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 365p.
- CHEN, P.K.; LEATHER, G.R. Plant growth regulatory activities of artemisinin and its related compounds. **Journal of Chemical Ecology**, v.16, n.6, p.1867-6, 1990.
- CRUZ, M.E.S. et al. Efeito alelopático de *Cymbopogon citratus* e *Artemisia absinthium* sobre sementes de *Bidens pilosa*. **Acta Horticulturae**, v.569, p.229-33, 2002.
- DAYAN, F.E. et al. Comparative phytotoxicity of artemisinin and several sesquiterpene analogues. **Phytochemistry**, v.50, p.607-14, 1999.
- DELACHIAVE, M.E.A.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Efeitos alelopáticos de losna (*Artemisia absinthium* L.) na germinação de sementes de pepino, milho, feijão e tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.265-9, 1999.
- DUCCA, F.; ZONETTI, P.C. Efeito alelopático do extrato aquoso de aveia preta (*Avena strigosa*) na germinação e desenvolvimento de soja (*Glycine max*). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.1, n.1, p.101-9, 2008.
- DUDAI, N. et al. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. **Journal of Chemical Ecology**, v.25, n.5, p.1079-89, 1999.
- DUKE, S.O. et al. Artemisinin, a constituent of annual wormwood (*Artemisia annua*), is a selective phytotoxin. **Weed Science**, v.35, p.499-505, 1987.
- EFFERTH, T. Mechanistic perspectives for 1,2,4-trioxanes in anti-cancer therapy. **Drug Resistance Updates**, v.8, n.1-2, p.85-97, 2005.
- ENSERINK, M. Source of new hope against malaria is in short supply. **Science**, v.307, p.33, 2005.
- FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.175-204, 2000.
- FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 323p.
- GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, p.459-72, 2004.
- GORLA, C.M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência de extratos aquosos de folhas de *Miconia albicans* Triana, *Lantana camara* L., *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit e *Drimys winteri* Forst, na germinação e crescimento inicial de sementes de tomate e pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p.260-5, 1997.
- HESS, F.D. Herbicide effects on the cell cycle of meristematic plant cells. **Reviews of Weed Science**, v.3, p.183-203, 1987.
- HOFFMANN, C.E.F. et al. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.6, n.1, p.11-21, 2007.
- INDERJIT; DUKE, S.O. Ecophysiological aspects of allelopathy. **Planta**, v.217, n.4, p.529-39, 2003.
- KIM, J.T. et al. *In vitro* antiprotozoal effects of artemisinin on *Neospora caninum*. **Veterinary Parasitology**, v.103, p.53-63, 2002.
- KLAYMAN, D.L. Qinghaosu (artemisinin): an antimalarial drug from China. **Science**, v.228, p.1049-55, 1985.
- LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, p.263-84, 1976.
- LAI, H.; SINGH, N.P. Oral artemisinin prevents and delays the development of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene (DMBA)-induced breast cancer in rat. **Cancer Letters**, v.231, p.43-8, 2006.
- MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M.E.A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.1, p.61-9, 2006.
- MANO, A.R.O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* S.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho**. 2006. 102p. Dissertação (Mestrado - Área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- PERES, M.T.L.P. et al. Potencial alelopático de espécies de Pteridaceae (Pteridophyta). **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.4, p.723-30, 2004.
- PERIOTTO, F.; PEREZ, S.C.G.A.; LIMA, M.I.S. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n.3, p.425-30, 2004.
- POSNER, G.H. et al. Antimalarial, antiproliferative, and antitumor activities of artemisinin-derived, chemically robust, trioxane dimers. **Journal of Medicinal Chemistry**,

v.42, n.21, p.4275-80, 1999.

RICE, E.L. **Allelopathy**. 2.ed. New York: Academic Press, 1984. 422p.

SCHIMIDT, T.J. Toxic activities of sesquiterpene lactones: structural and biochemical aspects. **Current Organic Chemistry**, v.3, n.3, p.577-608, 1999.

SINGH, N.P.; LAI, H.C. Artemisinin induces apoptosis in

human cancer cells. **Anticancer Research**, v.24, n.4, p.2277-80, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **World malaria report 2005**. Geneva: WHO, 2005. 294p.

YANG, D.M.; LIEW, F.Y. Effects of qinghaosu (artemisinin) and its derivatives on experimental cutaneous leishmaniasis. **Parasitology**, v.106, p.7-11, 1993.