



ARTIGO

Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete

Junior Borella^{1*}, Emanuela Garbin Martinazzo² e Tiago Zanatta Aumonde³

Recebido: 09 de dezembro de 2010 Recebido após revisão: 26 de abril de 2011 Aceito: 29 de abril de 2011
Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1766>

RESUMO: (Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete). Este trabalho objetivou avaliar a atividade alelopática de folhas de aroeira-mole (*Schinus molle* L.) sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete (*Raphanus sativus* L.). Foram utilizados extratos de folhas nas concentrações 2, 4 e 8%, cujo pH e potencial osmótico foram aferidos. No bioensaio de germinação, foram empregadas quatro repetições de 25 sementes, distribuídas em placas de petri forradas com papel Germitest, umedecido com 7 mL de extrato ou água e mantidos a 25°C em B.O.D. por cinco dias. A porcentagem de germinação (PG), velocidade de germinação (VG), índice de velocidade de germinação (IVG) e índice de efeito alelopático (RI) foram determinados. No bioensaio de crescimento inicial, sementes foram germinadas (com 2 mm de protusão da radícula) e transferidas para Gerbox contendo papel Germitest e 15 mL de extrato ou água, permanecendo sete dias a 25 °C em B.O.D. para a avaliação do comprimento da radícula e do hipocótilo, da massa fresca e seca, do conteúdo de água e do teor de clorofila (*a*, *b* e total). Todos os parâmetros de germinação (PG, VG, IVG e RI) foram afetados negativamente pelos extratos de *S. molle*. Para o crescimento inicial, os extratos causaram redução do comprimento da radícula e estimularam o crescimento do hipocótilo, aumentando, também, a massa fresca e seca não alterando os teores de clorofila. Como o pH e o potencial osmótico não interferiram nos resultados, *S. molle* exerceu efeito alelopático sobre o rabanete.

Palavras-chave: alelopatia, inibição, extratos aquosos.

ABSTRACT: (Allelopathic activity of extracts of *Schinus molle* L. leaves on the germination and early growth of radish). This study aimed to evaluate the allelopathic activity of leaf-soft mastic (*Schinus molle* L.) on germination and early growth of radish (*Raphanus sativus* L.). Leaf extracts were prepared at concentrations of 2, 4 and 8%. pH and osmotic potential were also performed from the extracts. Germination bioassay consisted of four replicates of 25 seeds of radish distributed in Petri dishes with germitest paper and 7 mL of extract or water and kept at 25 °C in B.O.D. for five days. Germination percentage (PG), germination rate (VG), germination speed index (IVG) and Index of allelopathic effect (RI) were determined. For bioassay initial growth, seeds were germinated (2mm protrusion of radicle) and transferred to Gerbox contained germitest paper and 15 mL of extract or water, staying seven days at 25 °C in B.O.D. to evaluate the length of radicle and hypocotyl, mass fresh and dry, the water content and content of chlorophyll (*a*, *b* and total). Extracts of leaves *S. molle* affected negatively all parameters examined for germination (PG, VG, IVG and RI). For the initial growth, the extracts caused a reduction of radicle length and stimulated the growth of hypocotyl. The extracts also led to increased the fresh and dry weight but did not alter the content of chlorophyll. Thus, as the pH and osmotic potential did not affect the results, *S. molle* exerted allelopathic effect on radish.

Key words: allelopathy, inhibition, aqueous extracts.

INTRODUÇÃO

Há plantas que são conhecidas por produzir metabólitos secundários (aleloquímicos) que, através de interações bioquímicas, afetam a germinação e o crescimento de outras plantas. Esse mecanismo entre as espécies de plantas tem sido definido como alelopatia (Inderjit & Duke 2003), termo cunhado por Molisch em 1937 (Rice 1984). Segundo Rizvi *et al.* (1992), é quase impossível enumerar cada um dos compostos hoje considerados alelopáticos, devido à grande diversidade e quantidade. Contudo, segundo King & Ambika (2002), se destacam os taninos, glicosídeos cianogênicos, alcaloides, sesquiterpenos, flavonoides, ácidos fenólicos e outros, como

os principais responsáveis por efeitos alelopáticos.

As substâncias químicas são produzidas nos diferentes órgãos das plantas (Delachiave *et al.* 1999) e sua concentração nos tecidos depende de diversos fatores a exemplo da temperatura, pluviosidade e luminosidade. Conforme Macías *et al.* (2007) a alelopatia desempenha importante papel nos agroecossistemas e leva a ampla gama de influências e interações nas comunidades bióticas. Tais influências e interações são principalmente consequência da liberação de aleloquímicos das plantas doadoras, que geralmente tem efeitos nocivos sobre as plantas receptoras, mas se constituem em vantagem seletiva para o doador. Esse mecanismo de defesa das

1. Biólogo, Mestrando em Fisiologia Vegetal, Bolsista CAPES, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Pelotas, RS, Brasil.

2. Bióloga, Prof. Colaboradora URI, Doutoranda em Fisiologia Vegetal, Bolsista CAPES. Departamento de Botânica, UFPel. Pelotas, RS, Brasil.

3. Eng. Agrônomo, Doutorando em C&T de Sementes, Bolsista CAPES, Departamento de Fitotecnia, UFPel. Pelotas, RS, Brasil.

* Autor para contato. E-mail: borellaj@gmail.com

plantas foi adquirido ao longo de um processo de evolução e influencia direta e indiretamente as plantas adjacentes (Chou 1999, Chou 2006). Geralmente, os produtos químicos alelopáticos são liberados no ambiente por quatro processos ecológicos: volatilização, lixiviação, decomposição de resíduos vegetais no solo e exsudação radicular (Rice 1984) e, para que a ação seja eficaz, a liberação deve ser contínua, de modo que os efeitos persistam até as culturas subseqüentes (Rodrigues *et al.* 1999).

Efeitos fisiológicos, ocasionados por interações alelopáticas, são frequentemente observados pela inibição da porcentagem e velocidade da germinação e na redução do crescimento inicial, sendo respostas secundárias de efeitos primários que ocorrem no processo metabólico das plantas afetadas (Pedrol *et al.* 2006). Entre os efeitos diretos, estão interferências no crescimento e no metabolismo vegetal, englobando alterações em nível celular, fitormonal, fotossintético e respiratório. Efeitos indiretos compreendem a interferência na produtividade agrícola e na biodiversidade local, por causar alterações na sucessão vegetal, na estrutura, dominância de certas espécies e composição das comunidades vegetais (Rizvi *et al.* 1992, Chou 1999, Chou 2006). Segundo Rodrigues *et al.* (1999), tais efeitos são resultados de uma interação complexa entre fatores genéticos e ambientais.

A necessidade crescente de substituição de insumos químicos sintéticos nos agroecossistemas por materiais produzidos naturalmente motiva pesquisas aplicadas à alelopátia, uma vez que os benefícios da pesquisa alelopática podem contribuir para a sustentabilidade dos sistemas de produção e a conservação da vegetação natural ou seminatural (Smith & Martin 1994, Macías *et al.* 1998, Chou 1999, Olofsdotter & Mallik 2001, Chou 2006). Por outro lado, substâncias vegetais com atividade alelopática representam futuro promissor para a obtenção de novos materiais, cuja molécula possa ser sintetizada e comercializada em larga escala.

Aroeira-mole (*Schinus molle* L.) é planta nativa pertencente à família Anacardiaceae. É uma árvore perenifolia e heliófita, de porte médio (altura de 4-8 m), com tronco de 25-35 cm de diâmetro. As folhas são compostas, com 4-12 jugos, com folíolos subcoriáceos, glabros, de 3-8 cm de comprimento e inflorescências paniculadas terminais. É planta marcante devido à sua forma pouco freqüente, com ramos pendentes. Sua distribuição geográfica no Brasil ocorre dos estados de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (Lorenzi 2000).

A aroeira-mole pode formar grupamentos, podendo intervir nas plantas existentes nos locais próximos e instalações de outros plantas em sua proximidade. Alado a isso, não estão disponíveis trabalhos avaliando o efeito alelopático destas espécies sobre a germinação de sementes, sobre o crescimento inicial e o teor de clorofila de plântulas. Bioensaios laboratoriais envolvendo investigações alelopáticas possuem grande importância por permitir o controle de parâmetros que na natureza

interagem simultânea e sequencialmente e que mudam constantemente (Inderjit & Dakshini 1995). Embora se tenha vasta literatura acerca de espécies com potencialidades alelopáticas, ainda existe uma lacuna no que tange aos efeitos de substâncias alelopáticas sobre o metabolismo das plantas (Ferreira *et al.* 1992, Inderjit & Duke 2003).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar a possível atividade alelopática de diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de aroeira-mole (*Schinus molle* L.) sobre a germinação e o crescimento inicial de rabanete (*Raphanus sativus* L.), por meio de bioensaios laboratoriais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia Vegetal e Físico-química da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), *campus* de Frederico Westphalen, no período de outubro de 2009 a fevereiro de 2010.

Material vegetal e extratos

Foram utilizadas folhas maduras, completamente expandidas de aroeira-mole (*Schinus molle* L.), coletadas em formações vegetais secundárias situadas na região do Médio Alto Uruguai do estado do Rio Grande do Sul. Para o preparo dos extratos aquosos, foram utilizadas as folhas nas proporções de 2, 4 e 8 g para 98, 96 e 92 mL de água destilada e deionizada (p/v), respectivamente, as quais foram trituradas em liquidificador comercial por 5 min em temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$), constituindo os extratos brutos nas concentrações de 2, 4 e 8% (p/v). Após repouso por 24h, no escuro e sob refrigeração ($\pm 10^\circ\text{C}$), os mesmos foram filtrados em algodão hidrófilo e centrifugados a 4.000 rpm, por 6 min. Os sobrenadantes constituíram os extratos a serem utilizados nos bioensaios. A fim de verificar a ação dos extratos, água destilada e deionizada foi utilizada como controle (0%). Os mesmos foram utilizados para a análise dos efeitos alelopáticos sobre a germinação (bioensaio I) e crescimento inicial (bioensaio II). Como espécie alvo, foi utilizado o rabanete (*Raphanus sativus* L. cv. Crimsom Gigante), obtidas em comércio local.

Bioensaio de germinação (Bioensaio I)

O bioensaio de germinação foi realizado em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo duas folhas de papel Germitest esterilizadas, umedecidas com 7 mL de extratos aquosos, discriminado pela concentração ou água destilada e deionizada.

O experimento foi constituído de quatro tratamentos. Cada tratamento com quatro repetições de 25 sementes de rabanete distribuídas aleatoriamente. Todas as placas permaneceram em câmara de germinação B.O.D., a 25°C , sob iluminação constante mantida por quatro lâmpadas brancas fluorescentes de 25 W, do tipo luz do dia. Segundo Bravin *et al.* (2006), a irradiância média de

duas lâmpadas equivale a $30 \pm 5 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. A contagem da germinação foi realizada diariamente até totalizar cinco dias após a semeadura das sementes. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram 2 mm de protusão da radícula (Ferreira & Aquila 2000).

De acordo com Vieira & Carvalho (1994), foram analisados os seguintes parâmetros: Porcentagem de Germinação (PG), Velocidade de Germinação (VG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG). De acordo com Gao *et al.* (2009), foi avaliado o Índice de Efeito Alelopático (RI), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{RI} = 1 - C/T \text{ (T} \geq \text{C)} \text{ ou } \text{RI} = T/C - 1 \text{ (T} < \text{C)}$$

Onde:

C = velocidade de germinação do controle

T = velocidade de germinação do tratamento.

Para a Velocidade de Germinação, usou-se:

$$\text{VG (\%)} = \Sigma (\text{Gt/D}) / \Sigma (\text{Gc/D} \times 100)$$

Onde:

Gt = número de sementes germinadas diariamente do tratamento.

Gc = número de sementes germinadas diariamente do controle.

D = número de dias correspondente.

Bioensaio de crescimento inicial (Bioensaio II)

Para o crescimento inicial, foram padronizados o tamanho das plântulas a serem tratadas com os extratos, sendo para o mesmo sementes de rabanete colocadas para germinar em placa de Petri de 9 cm de diâmetro, forradas com duas folhas de papel Germitest esterilizadas, umedecidas com 7 mL de água destilada e deionizada e mantidas em câmara de germinação B.O.D., por 24h, nas mesmas condições descritas para o Bioensaio I.

Posteriormente, as plântulas que apresentaram 2 mm de radícula foram transferidas para caixas gerbox, forradas com duas folhas de papel Germitest esterilizadas com 15 mL dos extratos aquosos ou água destilada e deionizada, perfazendo quatro tratamentos com quatro repetições de 10 plântulas. As caixas foram incubadas em câmara de germinação nas mesmas condições descritas no Bioensaio I.

Após sete dias, foram avaliados o comprimento do hipocótilo e da radícula, por meio de régua milimetrada e calculado as médias para cada unidade experimental (gerbox). Além desses, a massa fresca, seca e o conteúdo de água, onde a massa fresca foi obtida pela aferição das plântulas por meio de balança analítica. Posteriormente, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de secagem a 65°C até massa constante. O conteúdo de água (CA) foi obtido de acordo com Marengo & Lopes (2005). O teor de clorofila (a, b e total), de acordo com metodologia descrita por Arnon (1949).

Características físico-químicas

O pH de cada extrato utilizado nos bioensaios foi aferido com o auxílio de pHmetro (Villela *et al.* 1991). A medição da concentração molar dos extratos foi realizada por meio do método de Chardakov, sendo seus valores transformados em MPa (Salisbury & Ross 1992).

Para determinar a influência do potencial osmótico dos extratos, foi realizado um bioensaio de germinação com sementes de rabanete em soluções de polietileno glicol 6.000 (PEG-6000), segundo especificações de Michel & Kaufmann (1973), conforme abaixo (que permite calcular a concentração de PEG-6000 em função da temperatura):

$$\Psi_s = - (1.18 \times 10^{-2}) C - (1.18 \times 10^{-4}) C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) CT + (8.39 \times 10^{-7}) C^2 T$$

Onde:

Ψ_s = potencial osmótico (bar)

C = quantidade de PEG 6.000/kg de água (g)

T = temperatura (°C)

1 MPa = 9,87 atm = 10 bar

As soluções de PEG-6000 aplicadas foram de mesmos valores de potencial osmótico obtidos nos extratos aquosos e o experimento realizado utilizando-se a mesma metodologia descrita para o Bioensaio I.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e à análise de variância (ANOVA) e nos casos significativos as médias foram comparadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey com auxílio do pacote estatístico SAS 8.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bioensaio de Germinação (Bioensaio I)

Os efeitos dos extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* sobre a germinação das sementes de rabanete foram significativos. A porcentagem de germinação (PG) das sementes foi reduzida significativamente nos tratamentos 4 e 8%, sendo proporcional ao aumento da concentração dos extratos (Fig. 1A). Quando analisado o número de dias que as sementes levaram para germinar por meio da velocidade de germinação (VG), observou-se que, embora tenha havido tendência de aumento nesse parâmetro, apenas a concentração 8% foi significativa em relação ao controle (Fig. 1B). Para o índice de velocidade de germinação (IVG) os resultados foram expressivos, ocorrendo significativa redução do número de sementes de rabanete germinadas por dia em relação ao controle, sendo relação dose dependente (Fig. 1C).

O índice de efeito alelopático (RI) indica estímulo quando apresenta valores positivos em relação ao controle e valores negativos indicam inibição. Nos dados apresentados (Fig. 1D) pode-se observar que todas as concentrações testadas de *S. molle* inibiram a germinação das sementes de rabanete, sendo os efeitos inibitórios

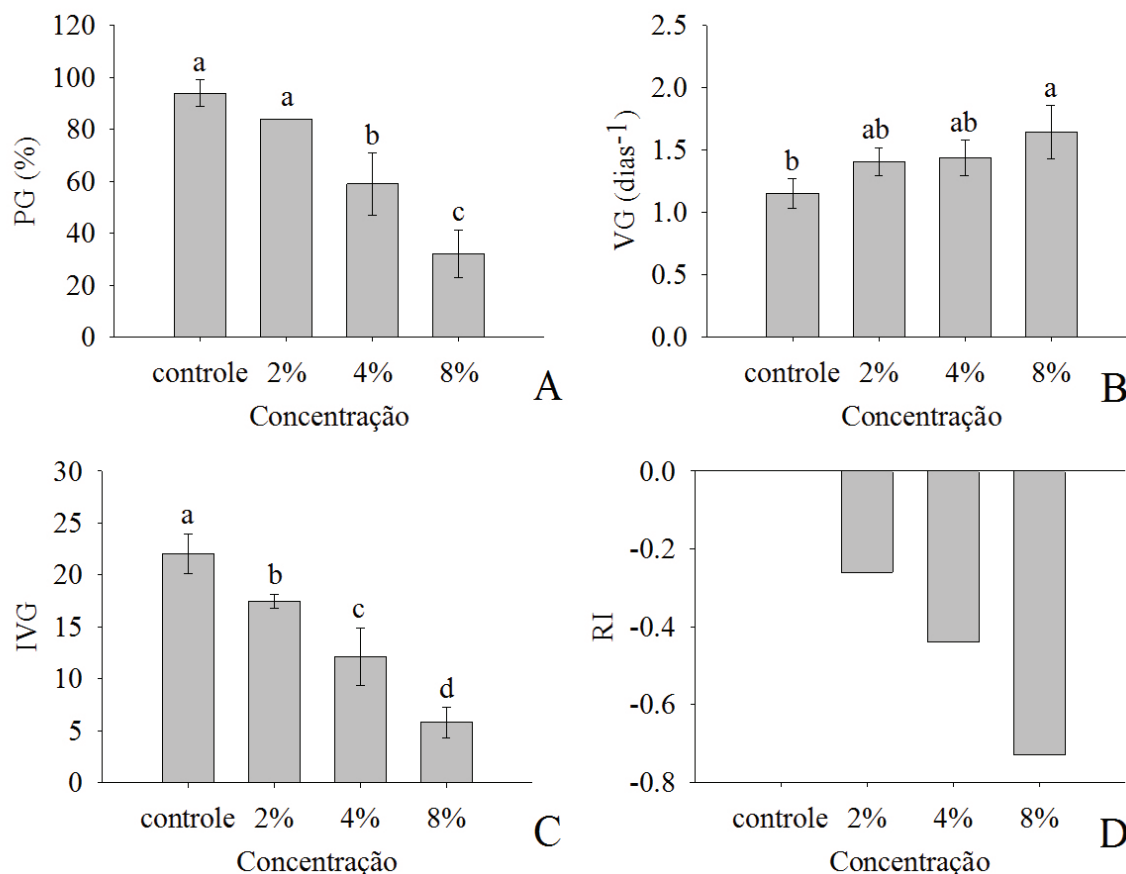


Figura 1. Influência de diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* na (A) porcentagem de germinação (PG), (B) velocidade de germinação (VG), (C) índice de velocidade de germinação (IVG) e (D) índice de efeito alelopático (RI) de sementes de rabanete. Letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

proporcionais ao aumento da concentração dos extratos.

Segundo Zhang *et al.* (2010), a porcentagem de germinação de sementes de rabanete diminuiu com o aumento da concentração de extratos aquosos de raízes de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Gatti *et al.* (2004) observaram que extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze reduziram a porcentagem de germinação e aumentaram a velocidade de germinação em sementes de alface e rabanete em relação ao controle. Resultados semelhantes também foram obtidos por Periotto *et al.* (2004) para PG e VG em sementes de alface e rabanete sob influência de extratos aquosos de caules e folhas de *Andira humilis* Mart. ex Benth. Similarmente aos dados aqui obtidos, os efeitos inibitórios foram proporcionais ao aumento da concentração dos extratos. Para Borella & Pastorini (2010), extratos aquosos de frutos *Phytolacca dioica* L. reduziram significativamente a PG e IVG de sementes de alface e picão-preto.

Os valores de RI variam de acordo com o impacto dos efeitos, sejam positivos ou negativos (Khong *et al.* 2002). Vários autores utilizaram o índice de efeito alelopático para demonstrar os efeitos causados pelos extratos em seus bioensaios (Khong *et al.* 2002, Abdelgaleil & Hashinaga 2007). Segundo Gao *et al.* (2009), extratos aquosos de *Hemisepta lyrata* Bunge provocaram efeitos inibitórios sobre a germinação de sementes de rabanete

em todas as concentrações utilizadas. Zhang *et al.* (2010) também relataram os efeitos negativos ocasionados pelos extratos de *E. grandis* sobre o rabanete.

Segundo Labouriau & Agudo (1987), variações muito grandes nos parâmetros testados indicam perda de sincronia nas reações metabólicas da germinação, demonstrando heterogeneidade na fisiologia das sementes tratadas.

Bioensaio de crescimento inicial (Bioensaio II)

Os extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* provocaram alterações no comprimento das plântulas de rabanete. A ação dos extratos aquosos provocaram redução no comprimento radicular do rabanete, sendo os efeitos inibitórios proporcionais ao aumento da concentração dos extratos utilizados, em relação ao controle (Fig. 2A). Para o hipocótilo, os extratos estimularam o aumento do comprimento, sendo maior em todas as concentrações testadas quando comparado ao controle. No entanto, este estímulo parece estar associado a concentrações mais baixas, uma vez que concentrações altas parecem exercer efeitos fitotóxicos capazes de reduzir o comprimento do hipocótilo (Fig 2B).

Para Zhang *et al.* (2010), extratos de raízes de plantas jovens de *Eucalyptus grandis* exercem efeitos estimulatórios sobre a radícula de rabanete e feijão, quando tes-

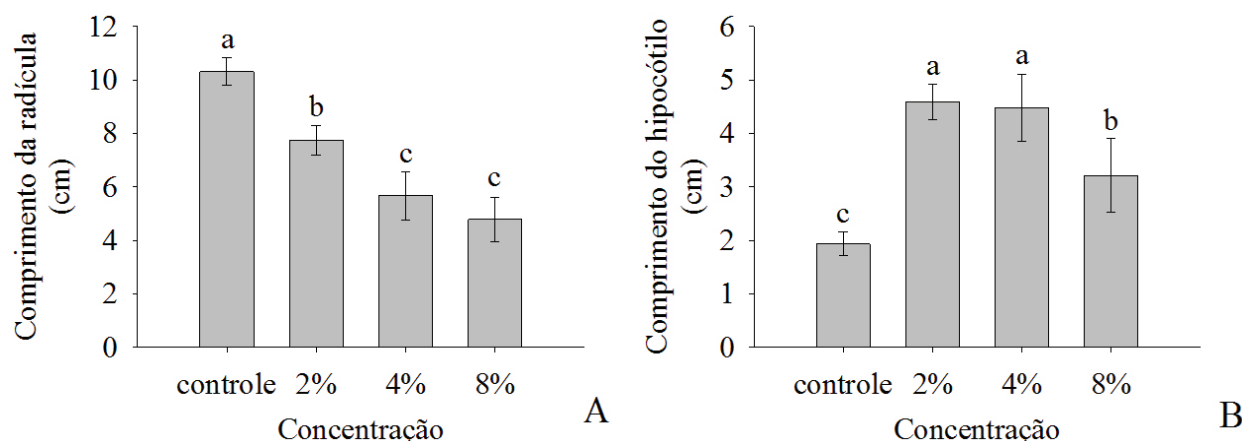


Figura 2. Influência de diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* no comprimento da radícula (A) e no comprimento do hipocótilo (B) de plântulas de rabanete. Letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

tados em menores concentrações, e para concentrações altas exerceram efeitos tóxicos com redução do comprimento da radícula das plantas testadas.

Extratos de casca (Parvez *et al.* 2004) e de folhas frescas (Parvez *et al.* 2003) de *Tamarindus indica* L., nas concentrações 1, 5 e 10%, provocaram reduções no comprimento da radícula e do hipocótilo de plântulas de rabanete, tomate, alface, pepino, entre outras. Reduções de até 96% no comprimento da radícula de rabanete comparado ao controle foram observadas por Abdelgaleil & Hashinaga (2007), utilizando determinadas concentrações de dois sesquiterpenos de *Magnolia grandiflora* L.. Extratos de folhas de *Passiflora edulis* reduziram significativamente o comprimento da raiz e da parte aérea de plântulas de rabanete (Khanh *et al.* 2006).

Em geral, as raízes são mais sensíveis às substâncias presentes nos extratos quando comparadas com as demais estruturas da plântula (Chon *et al.* 2000). Isso é devido ao fato das raízes estarem em contato direto e prolongado com o extrato (aleloquímicos) em relação às demais estruturas das plântulas (Chung *et al.* 2001) e/ou a um reflexo da fisiologia distinta entre as estruturas (Aquila *et al.* 1999). Segundo Hong *et al.* (2004), o crescimento maior das plântulas em menores concentrações de extratos pode ser um mecanismo de proteção.

A massa fresca das plântulas de rabanete submetidas

aos extratos aquosos de folhas de *S. molle* diferiu significativamente do controle em todas as concentrações testadas (Fig. 3A). A massa seca das plântulas diferiu do controle apenas quando submetido a concentração 8% do extrato (Fig. 3B). Para o conteúdo de água, a concentração 8% não diferiu do controle e houve aumento nos teores quando as sementes foram submetidas as concentrações 2 e 4% (Fig 3C).

Extratos de folhas e cascas de tronco de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer) provocaram aumento da massa fresca de raízes das plântulas de sorgo, sem afetar a massa fresca da parte aérea. No entanto, a massa seca tanto das raízes quanto da parte aérea foi afetada em todas as concentrações testadas (Carmo *et al.* 2007). Para Medeiros & Lucchesi (1993), extratos de ervilhaca (*V. sativa*) não interferiram matéria seca de plântulas de alface. Gatti *et al.* (2004) citam que estas variações podem ser explicadas devido a um investimento diferenciado de matéria orgânica, ou na raiz ou na parte aérea, influenciada diretamente pelo tipo e concentração do extrato.

Para os teores de clorofila, embora os tratamentos não tenham diferido do controle, observa-se que os extratos aquosos de folhas de *S. molle* em menores concentrações (2%) influenciaram em um maior teor de clorofila *a* (Fig. 4A) e de clorofila total (Fig. 4C) comparado aos trata-

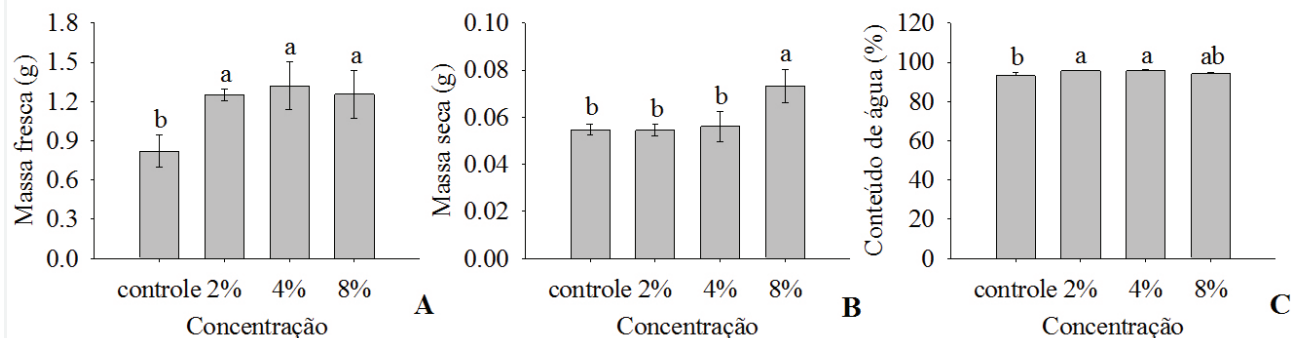


Figura 3. Influência de diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* na massa fresca (A), massa seca (B) e conteúdo de água (C) de plântulas de rabanete. Letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Características físico-químicas dos extratos aquosos de folhas de *Schinus molle*.

Concentração	pH	Potencial osmótico (MPa)
Controle	6,86	0,0000
2%	6,33	-0,0219
4%	6,39	-0,0439
8%	6,49	-0,0756

mentos com doses maiores (8%). Os extratos não alteraram os teores de clorofila *b* (Fig. 4B).

Extratos aquosos de diferentes órgãos (raízes, caules e folhas) de *Peganum harmala* L., nas concentrações de 12 e 16%, afetaram significativamente o teor de clorofila *b* e total de plântulas de *Avena fátua* L. e *Convolvulus arvensis* L., não alterando os teores de clorofila *a*. Os efeitos mais severos foram observados nos tratamentos com extratos de folhas, seguido de extratos de caules e raízes de *Peganum harmala* (Sodaeizadeh *et al.* 2009). Segundo Borella *et al.* (2009), extratos aquosos de folhas frescas e secas de *Persea americana* Mill. alteraram os teores de clorofila *a*, *b* e total de plântulas de alface. A redução ou o aumento da clorofila nos tratamentos pode ser atribuído à inibição ou estímulo da biossíntese de clorofila (Yang *et al.* 2004). Rice (1984) sugere que compostos alelopáticos impedem a síntese de precursores de porfirina da biossíntese de clorofila. Rizvi *et al.* (1992) reportam-se aos ácidos fenólicos, às cumarinas, aos polifenóis e aos flavonoides como os principais aleloquímicos responsáveis pela inibição da fotossíntese, por alterarem o transporte de elétrons e a fosforilação nos fotossistemas.

A análise do pH dos extratos aquosos de folhas frescas *S. molle* mostrou baixa variação de valores e baixa acidez, estando os valores entre 6,33 a 6,49. Os valores de potencial osmótico variaram entre -0,0219 a -0,0756 MPa (Tab. 1).

Em relação à germinação de sementes de rabanete em diferentes concentrações de soluções de polietileno glicol 6000 (PEG 6.000) pode-se observar que as soluções de potencial osmótico equivalente ao potencial osmótico dos extratos aquosos *S. molle* (Tab. 2) não influenciaram na germinação de sementes de rabanete quando comparado as variáveis porcentagem de germinação (PG), velocidade de germinação (VG) e índice de velocidade de germinação (IVG).

Tabela 2. Germinação de sementes de rabanete em diferentes concentrações de soluções de polietileno glicol (PEG 6000). Média $\pm$ desvio padrão.

Concentração (MPa)	PG (%)	VG (dias ⁻¹)	IVG
0,000 (controle)	93 $\pm$ 2,00 a	1,29 $\pm$ 0,08 a	20,54 $\pm$ 0,86 a
-0,0219 (2%)	95 $\pm$ 2,00 a	1,30 $\pm$ 0,09 a	20,79 $\pm$ 1,23 a
-0,0439 (4%)	95 $\pm$ 3,82 a	1,23 $\pm$ 0,04 a	21,50 $\pm$ 0,80 a
-0,0756 (8%)	93 $\pm$ 2,00 a	1,34 $\pm$ 0,06 a	20,00 $\pm$ 0,91 a

Solutos presentes nos extratos podem alterar a propriedade da água, resultando numa pressão osmótica diferente de zero na solução, os quais podem regular a quantidade de água a ser absorvida. A semente passa pelas fases preparatórias I e II, essenciais a germinação, mas não atinge a fase de alongamento celular e, consequentemente, a emergência da radícula (Villela *et al.* 1991), sendo importante a verificação do pH e o potencial osmótico, pois esses solutos como açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos podem mascarar o efeito alelopático dos extratos por interferir no pH e serem osmoticamente ativos (Ferreira & Aquila 2000).

Segundo Eberlein (1987), efeitos deletérios em testes alelopáticos são observados nas plantas em condições de pH abaixo 4 e superior a 10. Quanto ao potencial osmótico, Gatti *et al.* (2004) consideram adequado para germinação de sementes de rabanete que os valores não ultrapassem -0,2 MPa.

Embora, frequentemente, se supõe que o efeito inibitório de extratos vegetais na germinação de sementes ou no crescimento inicial é causado por fitotoxinas, existe também a possibilidade de que os extratos podem exercer efeitos osmóticos negativos sobre a espécie testada, o que poderia se atribuir as diferenças nos parâmetros de germinação e crescimento observados a um potencial efeito osmótico, no entanto os testes com diferentes concentrações de PEG não apresentaram diferenças significativas na germinação, descartando-se a possibilidade de possíveis interferências dos extratos de *S. molle* sobre o rabanete.

CONCLUSÃO

Os extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* apresentaram atividade alelopática sobre o rabanete, pois interferiram na germinação e no crescimento inicial do

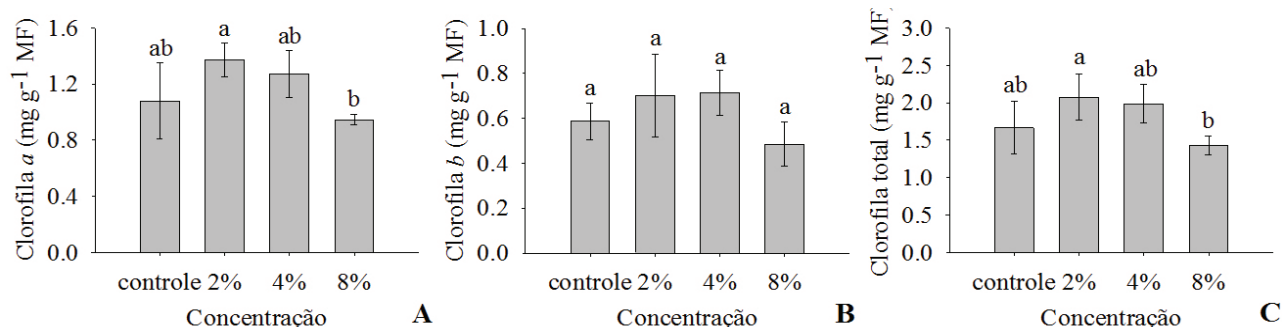


Figura 4. Influência de diferentes concentrações de extratos aquosos de folhas de *Schinus molle* no teor de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) de folhas de plântulas de rabanete. Letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

mesmo, estando o pH e o potencial osmótico desvinculados de possíveis interferências.

REFERÊNCIAS

- ABDELGALEIL, S.A.M. & HASHINAGA, F. 2007. Allelopathic potential of two sesquiterpene lactones from *Magnolia grandiflora* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35: 737-742.
- AQUILA, M.E.A., UNGARETTI, J.A.C. & MICHELIN, A. 1999. Preliminary observation on allelopathic activity in *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. *Acta Horticulturae*, 502: 383-388.
- ARNON, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1-15.
- BORELLA, J. & PASTORINI, L.H. 2010. Efeito alelopático de frutos de umbu (*Phytolacca dioica* L.) sobre a germinação e crescimento inicial de alface e picão-preto. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(5): 1129-1135.
- BORELLA, J., WANDSCHEER, A. C. D., BONATTI, L. C. & PASTORINI, L. 2009. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Persea americana* Mill. sobre *Lactuca sativa* L. *Revista Brasileira de Biociências*, 7(3):260-265.
- BRAVIN, I.C., VALENTIN, Y.Y. & YOKOYA, N.S. 2006. Formação de calos e regeneração de segmentos apicais de *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Gigartinales, Rhodophyta): obtenção de culturas axênicas e efeitos da concentração do ágar. *Revista Brasileira de Botânica*, 29: 175-182. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000100015
- CARMO, F.M.S., BORGES, E.E.L. & TAKAKI, M. 2007. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. *Acta Botanica Brasilica*, 21: 697-705. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000300016
- CHON, S.U., COUTTS, J.H. & NELSON, C.J. 2000. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. *Agronomy Journal*, 92: 715-720.
- CHOU, C. H. 2006. Introduction to allelopathy. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N. & GONZÁLEZ, L. (Eds). *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Dordrecht: Springer. 637 p.
- CHOU, C.H. 1999. Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18: 609-630.
- CHUNG, I.M., AHN, J.K. & YUN, S.J. 2001. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Crop Protection*, 20: 921-928.
- DELACHIAVE, M.E.A., RODRIGUES, J.D. & ONO, E.O. 1999. Efeitos alelopáticos de losna (*Artemisia absinthium* L.) na germinação de sementes de pepino, milho, feijão e tomate. *Revista Brasileira de Sementes*, 21(1): 265-269.
- EBERLEIN, C.V. 1987. Germination of *Sorghum aluum* seeds and longevity in soil. *Weed Science*, 35: 796-801.
- FERREIRA, A.G. & AQUILA, M.E.A. 2000. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12: 175-204.
- FERREIRA, A.G., AQUILA, M.E.A., JACOBI, U.S. & RIZVI, V. 1992. Allelopathy in Brazil. In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, V. (Eds.). *Allelopathy: basic and applied aspects*. London: Chapman & Hall. 504 p.
- GAO, X.; LI, M.; GAO, Z.; LI, C. & SUN, Z. 2009. Allelopathic effects of *Hemistepta lyrata* on the germination and growth of wheat, sorghum, cucumber, rape, and radish seeds. *Weed Biology and Management* 9:243-249.
- GATTI, A.B., PEREZ, S.C.J.G. & LIMA, M.I.S. 2004. Efeito alelopático de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. *Acta Botanica Brasilica*, 18: 459-472. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300006
- HONG, N.H., XUAN, T.D., EIJI, T. & KHANH, T.D. 2004. Paddy weed control by higher plants from Southeast Asia. *Crop Prot.*, 23:255-261.
- INDERJIT & DAKSHINI, K.M.M. 1995. On laboratory bioassays in allelopathy. *The Botanical Review*, 61: 28-44.
- INDERJIT & DUKE, S.O. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*, 217: 529-539.
- KHANH, T.D., CHUNG, I.M., TAWATA, S. & XUAN, T.D. 2006. Weed suppression by *Passiflora edulis* and its potential Allelochemicals. *Weed Research*, 46: 296-303.
- KING, S.R. & AMBIKA, R. 2002. Allelopathic plants. 5. *Chromolaena odorata* (L.). *Allelopathy Journal*, 9: 35-41.
- KHONG, C., HU, F. & XU, X. 2002. Allelopathic potential and chemical constituents of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. *Journal of Chemical Ecology*, 28: 1173-1182.
- LABOURIAU, L.F.G. & AGUDO, M. 1987. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperatura effects. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 59: 37-56.
- LORENZI, H. 2000. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum. 384 p.
- MACÍAS, F.A., MOLINILLO, J.M.G., VARELA, R.M. & GALINDO, J.C.G. 2007. Allelopathy – a natural alternative for weed Control. *Pest Management Science*, 63: 327-348.
- MACÍAS, F.A., VARELA, R.M., TORRES, A., OLIVA, R.M. & MOLINILLO, J.M.G. 1998. Bioactive norsesquiterpenes from *Helianthus annuus* with potential allelopathic activity. *Phytochemistry*, 48: 631-636.
- MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. 2005. *Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa: UFV. 451 p.
- MEDEIROS, A.R.M. & LUCCHESI, A.A. 1993. Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia sativa* L.) sobre a alface em testes de laboratório. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28: 9-14.
- MICHEL, B.E. & KAUFMANN, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914-916.
- OLOFSDOTTER, M. & MALLIK, A. U. 2001. Allelopathy symposium. *Agronomy Journal*, 93: 1-2.
- PARVEZ, S.S., PARVEZ, M.M., FUJII, Y. & GEMMA, H. 2004. Differential allelopathic expression of bark and seed of *Tamarindus indica* L. *Plant Growth Regulation*, 42: 245-252.
- PARVEZ, S.S., PARVEZ, M.M., NISHIHARA, E., GEMMA, H. & FUJII, Y. 2003. *Tamarindus indica* L. leaf is a source of allelopathic substance. *Plant Growth Regulation*, 40: 107-115.
- PEDROL, N., GONZÁLEZ, L. & REIGOSA, M. J. 2006. Allelopathy and abiotic stress. In: REIGOSA, M. J., PEDROL, N. & GONZÁLEZ, L. (Eds). *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Dordrecht: Springer. 637 p.
- PERIOTTO, F., PEREZ, S.C.J.G.A. & LIMA, M.I.S. 2004. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. Ex Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. *Acta Botanica Brasilica*, 18: 425-430. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300003
- RICE, E. L. 1984. *Allelopathy*. 2nd ed. Academic Press: New York. 422 p.
- RIZVI, S.J.H., HAQUE, H., SINGH, V.K. & RIZVI, V. 1992. A discipline called allelopathy. In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, V. (Eds.). *Allelopathy: basic and applied aspects*. London: Chapman & Hall. 504 p.
- RODRIGUES, B.N., PASSINI, T. & FERREIRA, A.G. 1999. Research on allelopathy in Brazil. In: NARWAL, S. S. (Eds.). *Allelopathy update*. New Hampshire: Science Publishers. 422 p.
- SALISBURY, F.B. & ROSS, C. 1992. *Plant physiology*. Belmont: Wadsworth. 682 p.
- SMITH, A.E. & MARTIN, D.L. 1994. Allelopathic characteristics of three cool-season grass in the forage ecosystems. *Agronomy Journal*, 8: 243-246.
- SODAEIZADEH, H., RAFIEIOLHOSSANINI M., HAVLÍK, J. & VAN DAMME, P. 2009. Allelopathic activity of different plant parts of *Peganum harmala* L. and identification of their growth inhibitors Substances. *Plant Growth Regulation*, 59: 227-236.
- VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. 1994. *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: Funep. 164 p.
- VILLELA, F.A., DONI FILHO, L. & SEQUEIRA, E.L. 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6.000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26: 1957-1968.
- ZHANG, D., ZHANG, J., YANG, W. & WU, F. 2010. Potential allelopathic effect of *Eucalyptus grandis* across a range of plantation ages. *Ecol Res*, 25: 13-23
- YANG, C.M., CHANG, I.F.; LIN, S.J. & CHOU, C.H. 2004. Effects of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedlings: II. Stimulation of consumption-orientation. *Bot Bull Acad Sin*, 45:119-125.