

Potencial alelopático de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire sobre a germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de espécies cultivadas

GRASIELLE SOARES GUSMAN*, MICAELA QUEIROZ YAMAGUSHI[†],
SILVANE VESTENA[‡]

svestena@yahoo.com.br

Resumo

A alelopatia caracteriza-se pelos efeitos danosos ou benéficos sobre o desenvolvimento da vegetação, causados por substâncias químicas produzidas e liberadas para o ambiente por uma planta, microrganismo ou fungo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito alelopático de extratos aquosos de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire na germinação e no crescimento inicial de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. italica), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. grand rapids), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. botrytis). Foram testadas cinco concentrações do extrato aquoso (10; 30; 50; 70 e 100%), as quais foram comparadas com controle com água destilada (0% de extrato aquoso). Para cada espécie cultivada e cada concentração do extrato aquoso, foram utilizadas cinco repetições com dez sementes em cada. De modo geral, os extratos aquosos de *P. pennatifolius* causaram redução e/ou inibição da germinação de sementes, do crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular de todas as espécies cultivadas. O aumento das concentrações dos extratos aquosos causou redução destes parâmetros bem como a formação de raízes mais espessas, atrofiadas e com maior número de pêlos absorventes. Assim, os resultados indicam a existência de compostos alelopáticos nas folhas de *P. pennatifolius*.

Palavras Chave: Alelopatia, germinação, crescimento, *Pilocarpus pennatifolius*.

Title: Allelopathic potential of *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire on seeds germination and early seedlings growth of cultivated species

Abstract

Allelopathy is characterized by damaging or beneficial effects upon vegetation development, caused by chemicals produced and released in the environment by a plant, microorganism or fungi. The aim of this study was to evaluate the allelopathic effect of *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire

*Bacharel em Farmácia pela Faculdade de Minas - FAMINAS e mestranda em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa -UFV.

[†]Licenciada em Ciências Biológicas pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Santa Marcelina - FAFISM.

[‡]Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM; Mestre em Botânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa - UFV; atualmente é professora de Anatomia/Morfologia Vegetal e Fisiologia Vegetal na Universidade Federal do Pampa - UNIPAMA.

on the seeds germination and initial seedlings development of mustard (*Brassica campestris* L.), cabbage (*Brassica oleracea* L. cv. capitata), broccoli (*Brassica oleracea* L. cv. italica), kale (*Brassica pekinensis* L.), lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. grand rapids), tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller), turnip (*Brassica rapa* L.), rucola (*Eruca sativa* L.), radish (*Raphanus sativus* L.) and cauliflower (*Brassica oleracea* L. cv. botrytis). It was tested five concentrations of aqueous extract (10, 30, 50, 70 and 100%) and compared to distilled water, being utilized five replicates of ten seeds for each concentration. The aqueous extracts of *P. pennatifolius* reduced significantly the seeds germination percentage, the germination speed index and the initial growth of the aerial part and roots of all cultivated species. Increasing concentrations of aqueous extracts caused reduction in these parameters as well as the formation of thicker and atrophied roots and greater number of absorbent hairs. Therefore, the results indicate a presence of allelopathic compounds of *P. pennatifolius*.

key words: Allelopathy, germination, growth, *Pilocarpus pennatifolius*.

INTRODUÇÃO

Alelopatia é definida como qualquer processo envolvendo metabólitos secundários produzidos por plantas, microrganismos e fungos que, uma vez liberados no ambiente, influenciam o crescimento e o desenvolvimento de sistemas biológicos naturais ou implantados, seja de forma positiva ou negativa (CARMO et al., 2007; SARTOR et al., 2009). Essas substâncias pertencem a diferentes categorias de compostos, tais como fenóis, terpenos, alcalóides, poliacetilenos, ácidos graxos, aldeídos, lactonas simples insaturadas, esteróides, quinonas, flavonóides, taninos, cumarinas, alcoóis, polipeptídeos, nucleosídeos, dentre outros ainda não identificados (BUCHANAN et al., 2000; HERNÁNDEZ-TERRONES et al., 2007; MACEDO et al., 2007).

Esses compostos podem em diferentes órgãos do vegetal, podendo ser exsudado pelas raízes, pela decomposição dos órgãos da planta (acículas) ou por meio de chuvas e causando lixiviação desses compostos do extrato superior das plantas para o solo (RICE, 1984; SARTOR et al., 2009).

O mecanismo de ação das substâncias alelopáticas sobre outras plantas não é totalmente conhecido (RICE, 1984), mas alguns autores afirmam que os aleloquímicos interferem no metabolismo, reduzindo a oferta de energia e, conseqüentemente, impedindo o desenvolvimento normal desses organismos (CASTRO et

al., 2002). Pesquisas têm demonstrado que os aleloquímicos interferem na assimilação de nutrientes, fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, permeabilidade da membrana celular e em atividades enzimáticas, afetando, como consequência, o desenvolvimento da planta (CALDIZ e FERNANDEZ, 1999; HERNÁNDEZ-TERRONES et al., 2007).

As investigações científicas em alelopatia têm se concentrado principalmente nas interações entre espécies vegetais cultivadas e na prospecção de novas moléculas com propriedades herbicidas. Nesse contexto, a identificação de atividade alelopática em espécies de plantas, cultivadas ou nativas, assume papel relevante na interpretação do papel ecológico que elas desempenham em suas comunidades, mormente em relação ao seu potencial para controlar espécies de plantas invasoras, considerado um dos principais problemas limitantes ao desenvolvimento da atividade agrícola nas regiões tropicais (FERREIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009; SOUZA FILHO et al., 2009). Portanto, a alelopatia tem se mostrado uma ciência abrangente, podendo ser utilizada no controle de doenças, insetos e plantas invasoras, visto que o número de espécies de plantas invasoras resistentes aos compostos tradicionais cresce a cada dia (DUKE et al., 2002; DIAS et al., 2005; CENTENARO et al., 2009). No âmbito das ciências florestais e da ecologia, persiste a escassez de conhecimentos relativos ao comportamento alelopático de espécies ar-

bóreas nativas, ameaçadas ou não de extinção e, aquelas com potencial para utilização em reflorestamento, farmacologia, plantios mistos e sistemas agroflorestais e agrossilvopastoris (CARMO et al., 2007; FERREIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009).

O gênero *Pilocarpus*, da família Rutaceae, abriga diversas espécies que recebem designação geral de jaborandi (PINHEIRO, 1997). Embora várias espécies tivessem sido utilizadas outrora para fins terapêuticos (como sudorífero), hoje em dia a espécie *Pilocarpus microphyllus* Stapf. é a única fonte industrial de pilocarpina, um alcalóide utilizado no tratamento de glaucoma (TANIGUCHI e KITAZAWA, 1994). É utilizada também, para relaxamento intestinal após laparotomia e em xerostomia pós-irradiação em tratamento de câncer (LÚCIO et al., 2002). A escassez das folhas de *P. microphyllus* e a queda do teor médio de pilocarpina tornam necessária a procura de espécies relacionadas, que possam substituir o *P. microphyllus* como matéria prima na obtenção da pilocarpina. Uma das espécies botanicamente próxima de *P. microphyllus* é a *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire. As suas folhas contêm pilocarpina e alcalóides secundários (LÚCIO et al., 2002; SALLES et al., 2004).

Assim, considerando a importância que representa *P. pennatifolius* como espécie para fornecimento de matéria-prima à indústria farmacêutica e no controle de plantas invasoras, aliados a carência de informações sobre a influência da espécie sobre o desenvolvimento de outras plantas, realizou-se este estudo com o objetivo de verificar o efeito alelopático de folhas secas de *P. pennatifolius* na germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. italica), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. grand rapids), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. botrytis). Muitas destas espécies são indicadoras dos efeitos potencialmente alelopáticos (FERREIRA e ÁQUILA,

2000; FERREIRA et al., 2007; HOFFMANN et al., 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioquímica da Faculdade de Minas (FAMINAS), com folhas secas de *P. pennatifolius* obtidas no Município de Muriaé, MG.

Para a obtenção do extrato aquoso de *P. pennatifolius* foram utilizadas folhas secas na concentração de 1 g 10 mL⁻¹ (peso/volume) e trituradas em um moinho tipo Willey. A mistura foi deixada em repouso por 48 horas na geladeira (5° ± 1°C) e, posteriormente, filtrada em funil de Büchner duas vezes, usando-se papel filtro qualitativo. O extrato foi diluído com água destilada em cinco concentrações diferentes: 10, 30, 50, 70 e 90%. A água destilada também foi utilizada como tratamento controle e, para a concentração de 100% foi utilizado o "extrato puro".

Germinação das sementes e desenvolvimento inicial das plântulas - Para a realização dos bioensaios de germinação foram utilizadas sementes de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. italica), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. grand rapids), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. botrytis). Foram efetuados testes preliminares em laboratório para verificação da viabilidade e do vigor da germinação das sementes. Para os testes de germinação foram utilizadas placa de petri esterilizadas de 9 cm de diâmetro, forradas com dois discos de papel-filtro, umedecidos com 7 mL de água destilada (controle) ou do extrato aquoso. Para cada espécie cultivada, foram utilizadas cinco repetições (placas de petri) com dez sementes por placa. O experimento foi mantido em câmaras de germinação tipo BOD com controle de temperatura (25±2°C, 230 μmoles m⁻² s⁻¹) e luminosidade (fotoperíodo de 16/8 horas luz/escuro). Foram consideradas germinadas as sementes que apresen-

Tabela 1: Porcentagem de germinação de sementes de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. *capitata*), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. *italica*), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. *grand rapids*), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. *botrytis*), colocadas para germinar em diferentes concentrações de extrato aquoso de folhas secas de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire.

Espécie vegetal	Concentração do extrato (%)					
	0	10	30	50	70	100
<i>B. campestris</i>	100±0,00a	100±0,0a	70±0,34b	50±0,48c	22±0,52d	0±0,00e
<i>B. oleracea</i> cv. <i>botrytis</i>	100±0,00a	92±0,50a	92±0,39a	72±0,45b	44±1,10c	40±1,17c
<i>B. oleracea</i> cv. <i>capitata</i>	96±0,10a	90±0,73a	84±0,14ab	72±1,08b	72±1,09b	52±1,08c
<i>B. oleracea</i> cv. <i>italica</i>	100±0,00a	74±0,25b	54±0,08b	12±0,22c	0±0,00d	0±0,00d
<i>B. pekinensis</i>	100±0,00a	94±0,71a	90±0,30ab	80±1,02b	62±0,64c	52±0,87c
<i>B. rapa</i>	96±0,55a	76±0,89b	74±0,55b	74±0,71b	48±0,30c	0±0,00d
<i>E. sativa</i>	100±0,00a	54±0,64b	48±0,64b	20±0,44c	0±0,00d	0±0,00d
<i>L. sativa</i> cv. <i>grand rapids</i>	90±0,30a	86±1,04a	68±0,58b	26±0,31c	0±0,00d	0±0,00d
<i>L. esculentum</i>	100±0,00a	98±0,25a	94±0,45a	84±0,58ab	68±0,80b	18±0,55c
<i>R. sativus</i>	100±0,00a	80±0,10b	42±0,24c	14±0,52d	0±0,00e	0±0,00e

As médias±desvio padrão seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. *capitata*), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. *italica*), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. *grand rapids*), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. *botrytis*), colocadas para germinar em diferentes concentrações de extrato aquoso de folhas secas de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire.

Espécie vegetal	Concentração do extrato (%)					
	0	10	30	50	70	100
<i>B. campestris</i>	8,8±0,09a	6,2±0,10b	6,0±0,03b	5,3±0,08b	3,0±0,07c	0,0±0,00d
<i>B. oleracea</i> cv. <i>botrytis</i>	8,2±0,09a	6,5±0,06b	5,4±0,04b	4,0±0,00c	2,2±0,08d	0,7±0,06e
<i>B. oleracea</i> cv. <i>capitata</i>	9,6±0,18a	9,3±0,21a	6,0±0,06b	4,3±0,07c	2,9±0,16d	1,2±0,09f
<i>B. oleracea</i> cv. <i>italica</i>	9,1±0,20a	4,8±0,09b	4,7±0,21b	3,3±0,06c	0±0,00d	0,0±0,00d
<i>B. pekinensis</i>	9,7±0,18a	9,2±0,09a	6,5±0,05b	4,0±0,25c	3,8±0,08c	1,6±0,09d
<i>B. rapa</i>	8,9±0,10a	8,7±0,25a	7,6±0,27b	7,2±0,09b	0,0±0,00c	0,0±0,00c
<i>E. sativa</i>	7,8±0,04a	5,1±0,12b	4,8±0,00bc	4,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00d
<i>L. sativa</i> cv. <i>grand rapids</i>	7,7±0,17a	5,0±0,05b	4,2±0,18c	3,4±0,09d	0,0±0,00e	0,0±0,00e
<i>L. esculentum</i>	9,4±0,78a	9,0±0,65b	7,1±0,24c	6,8±0,00d	4,3±0,00d	2,1±0,00d
<i>R. sativus</i>	9,6±0,38a	8,0±0,25b	8,0±0,20b	5,0±0,23c	4,7±0,10c	1,8±0,08d

As médias±desvio padrão seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3: Comprimento radicular (cm) de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. italica), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. grand rapids), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. botrytis), colocadas para germinar em diferentes concentrações de extrato aquoso de folhas secas de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire.

Espécie vegetal	Concentração do extrato (%)					
	0	10	30	50	70	100
<i>B. campestris</i>	4,5±0,18a	4,1±0,24a	3,4±0,06b	1,0±0,08c	0,4±0,04d	0,0±0,00e
<i>B. oleracea</i> cv. botrytis	3,8±0,29a	3,2±0,18a	2,1±0,05b	1,3±0,05c	0,6±0,13d	0,1±0,04e
<i>B. oleracea</i> cv. capitata	5,4±0,19a	4,0±0,20a	2,9±0,17b	1,9±0,09cd	0,7±0,05e	0,2±0,05f
<i>B. oleracea</i> cv. italica	5,2±0,21a	4,5±0,11b	0,3±0,08b	0,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00d
<i>B. pekinensis</i>	4,2±0,13a	3,5±0,04a	0,5±0,09b	0,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00c
<i>B. rapa</i>	4,1±0,16a	2,5±0,18b	2,0±0,05b	1,8±0,05b	0,5±0,03c	0,0±0,00d
<i>E. sativa</i>	2,3±0,19a	2,2±0,13a	0,6±0,05b	0,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00c
<i>L. sativa</i> cv. grand rapids	2,6±0,12a	2,7±0,19a	0,2±0,18b	0,0±0,00b	0,0±0,00b	0,0±0,00b
<i>L. esculentum</i>	4,5±0,60a	3,7±0,19a	2,5±0,17b	2,0±0,15bc	1,6±0,07c	0,0±0,00d
<i>R. sativus</i>	4,1±0,26a	2,3±0,11b	1,0±0,09c	0,0±0,00d	0,0±0,00d	0,0±0,00e

As médias±desvio padrão seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4: Comprimento (cm) da parte aérea de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. capitata), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. italica), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. grand rapids), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. botrytis), colocadas para germinar em diferentes concentrações de extrato aquoso de folhas secas de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire.

Espécie vegetal	Concentração do extrato (%)					
	0	10	30	50	70	100
<i>B. campestris</i>	3,4±0,16a	3,4±0,04a	2,4±0,14b	0,9±0,08c	0,4±0,03d	0,0±0,00e
<i>B. oleracea</i> cv. botrytis	3,6±0,10a	2,9±0,09ab	2,9±0,13ab	1,9±0,05c	1,4±0,05c	0,3±0,04d
<i>B. oleracea</i> cv. capitata	2,6±0,11a	2,3±0,25a	2,3±0,16a	1,4±0,31b	0,5±0,09c	0,2±0,06c
<i>B. oleracea</i> cv. italica	2,8±0,11a	2,9±0,18a	0,5±0,06b	0,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00c
<i>B. pekinensis</i>	3,1±0,17a	3,3±0,15a	1,3±0,13a	0,4±0,13b	0,0±0,00c	0,0±0,00c
<i>B. rapa</i>	2,2±0,22a	2,1±0,12a	1,4±0,08b	1,1±0,05b	0,4±0,02c	0,0±0,00d
<i>E. sativa</i>	2,1±0,09a	2,1±0,14a	0,7±0,03b	0,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00c
<i>L. sativa</i> cv. grand rapids	2,6±0,07a	2,7±0,13a	0,3±0,11b	0,0±0,00b	0,0±0,00b	0,0±0,00b
<i>L. esculentum</i>	3,5±0,15a	3,0±0,16ab	2,5±0,05b	1,6±0,09c	1,2±0,05c	0,0±0,00d
<i>R. sativus</i>	4,7±0,11a	2,2±0,12b	1,7±0,08b	0,0±0,00c	0,0±0,00c	0,0±0,00c

As médias±desvio padrão seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

taram 2 mm de raiz primária (BRASIL, 1992). O experimento foi mantido por um período de 10 dias, com verificação diária do número de sementes germinadas. Para os dados de crescimento das plântulas foi coletado, ao final dos 10 dias de experimento, o comprimento, em centímetros, da raiz e da parte aérea, com auxílio de um paquímetro e verificado o percentual de plântulas anormais e mortalidade.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado conforme MAGUIRE (1962), por meio de contagens diárias do número de sementes germinadas.

Análise Experimental - Os experimentos de germinação e desenvolvimento foram montados em delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, havendo significância, as médias, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (BEIGUELMAN, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os extratos aquosos de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire reduziram e/ou inibiram a germinação de todas as espécies testadas, sendo que a redução foi intensificada com o aumento das concentrações dos extratos aquosos utilizados, sendo que, para algumas espécies verificou-se inibição na germinação das sementes nas concentrações mais elevadas (Tabela 1).

As sementes de brócolis, rúcula, alface e rabanete tiveram a germinação especialmente reduzida pelo potencial alelopático de *P. pennatifolius*, apresentando inibição da germinação com o uso de concentrações mais elevadas dos extratos (70 e 100%). Por outro lado, as sementes de couve-flor, couve, repolho e tomate mostraram-se mais tolerantes aos efeitos alelopáticos do extrato de *P. pennatifolius*, apresentando apenas redução do percentual de germinação com o aumento das concentrações dos extratos aquosos (Tabela 1). Resultados semelhantes foram encontrados com RIBEIRO et al. (2009) com extratos aquosos de *Crinum americanum* L. onde todas as concentrações do extrato de folha reduziram significativamente a germinação de sementes de alface (*Lactuca*

sativa L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.) e, quanto mais concentrados, maiores os efeitos inibitórios.

Os bioensaios de germinação de sementes na presença de extratos vegetais são pontos de partida para a investigação de efeitos de alelopatia intra e interespecíficos, embora haja controvérsia em relação a esse tipo de experimento. O argumento é que as sementes, em decorrência de processos seletivos e evolutivos, são menos sensíveis aos aleloquímicos do que as plântulas (FERREIRA et al., 2007; SARTOR et al., 2009). Por outro lado, estudos recentes mostram que, embora a porcentagem final de germinação possa não ser significativamente afetada pela ação de aleloquímicos, o padrão de germinação pode ser modificado, verificando-se diferenças na velocidade e na sincronia da germinação de sementes submetidas a tais compostos (FERREIRA & ÁQUILA, 2000). De fato, no presente estudo, foram observadas reduções no índice de velocidade de germinação quando as sementes foram colocadas para germinar em meio contendo o extrato de *P. pennatifolius* (Tabela 2).

Outro fator que reforça esta segunda vertente de pensamento a respeito de estudos sobre o efeito alelopático de extratos na germinação de sementes é o fato de que as sementes constituem as unidades biológicas por meio das quais processos ecológicos, como a competição intra e interespecíficas, a invasão de novos nichos por espécies não nativas, a colonização de novos habitats e a regeneração da vegetação nativa, dentre outros, podem ser desencadeados (PEREIRA et al., 2008; SOUZA FILHO et al., 2009).

O crescimento inicial das plântulas de todas as espécies cultivadas foi afetado em presença dos extratos aquosos de *P. pennatifolius* com redução ou inibição completa deste parâmetro, sendo que a redução no crescimento aumentou com o aumento das concentrações dos extratos utilizados (Tabelas 3 e 4).

O extrato aquoso, a partir da concentração de 50%, inibiu o crescimento do sistema radicular e da parte aérea de alface, brócolis, rabanete e rúcula, sendo observado o mesmo

Tabela 5: Porcentagem média de plântulas com anormalidade e mortalidade de mostarda (*Brassica campestris* L.), repolho (*Brassica oleracea* L. cv. *capitata*), brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. *italica*), couve (*Brassica pekinensis* L.), alface (*Lactuca sativa* L. cv. *grand rapids*), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. cv. *botrytis*), colocadas para germinar em diferentes concentrações de extrato aquoso de folhas secas de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire. Letra A significa anormalidade e letra N significa normalidade.

Espécie vegetal	Concentração do extrato (%)						
		0	10	30	50	70	100
<i>B. campestris</i>	(A)	-	-	52	76	94	-
	(N)	-	-	-	-	-	100
<i>B. oleracea</i> cv. <i>botrytis</i>	(A)	-	18	78	78	96	100
	(N)	-	-	-	-	-	-
<i>B. oleracea</i> cv. <i>capitata</i>	(A)	-	-	22	77	90	95
	(N)	-	-	-	-	-	-
<i>B. oleracea</i> cv. <i>italica</i>	(A)	-	24	33	-	-	-
	(N)	-	-	-	100	100	100
<i>B. pekinensis</i>	(A)	-	12	42	-	-	-
	(N)	-	-	-	100	100	100
<i>B. rapa</i>	(A)	-	50	67	93	100	-
	(N)	-	-	-	-	-	100
<i>E. sativa</i>	(A)	-	22	72	-	-	-
	(N)	-	-	-	-100	100	100
<i>L. sativa</i> cv. <i>grand rapids</i>	(A)	-	-	25	-	-	-
	(N)	-	-	-	100	100	100
<i>L. esculentum</i>	(A)	-	12	26	28	94	-
	(N)	-	-	-	-	-	100
<i>R. sativus</i>	(A)	-	10	32	75	90	-
	(N)	-	-	-	-	-	100

comportamento para o sistema radicular de plântulas de couve. Ainda, observou-se que para as duas estruturas vegetais de nabo, mostarda e tomate apenas na concentração mais elevada, ou seja, com extrato puro, foi observada inibição completa neste parâmetro. Assim, este resultado pode estar relacionado ao fato de que as sementes que levam mais tempo para germinar, medido pelo IVG (Tabela 2) possuem maior dificuldade para alongar o sistema radicular, pois ficam mais tempo em contato com os aleloquímicos presentes nos extratos aquosos. Adicionalmente, dentre as espécies cultivadas estudadas, o repolho e a couve-flor se mostraram mais tolerantes ao extrato aquoso de *P. pennatifolium* (Tabelas 3 e 4).

No estágio de plântula, a raiz é mais sensível do que a parte aérea aos compostos alelopáticos, como os presentes em *P. pennatifolius*, uma vez que o sistema radicular é a estrutura que primeiro mantém contato com o substrato (extrato vegetal) e, a parte aérea apresenta certa quantidade de reservas para a manutenção do metabolismo presentes no endosperma e nos cotilédones embrionários (WANDSCHEER & PASTORINI, 2008). Além disso, o sistema radicular também é mais sensível a ação de aleloquímicos, pois o seu alongamento depende das divisões celulares, que, se inibidas, comprometem o seu desenvolvimento normal (HOFFMANN et al., 2007).

Corroborando com esses resultados, em todos os tratamentos com extratos de *P. pennatifolius* foram registradas anormalidades e/ou mortalidade, principalmente, no sistema radicular, sendo que nas concentrações a partir de 30%, as raízes primárias se apresentaram mais espessas, atrofiadas, defeituosas, curtas e desproporcionais em relação às outras estruturas da plântula, além de conterem mais pelos absorventes em relação ao controle. Especialmente, para brócolis, rúcula, couve e alface, a partir de 50%, observou-se oxidação ou necrose nas raízes, com maior índice de mortalidade radicular (Tabela 5).

Diversas anomalias anatômicas e ultra-estruturais são descritas em outros estudos de alelopatia, as quais ocorrem devido, possivel-

mente, à alterações no material genético, na síntese de proteína e de lipídios, na permeabilidade membrana celular e em atividades enzimáticas e na respiração mitocondrial (CALDIZ & FERNANDEZ, 1999; FERRARESE et al., 2000; NUNES & ARAÚJO, 2003; HÉRNANDEZ-TERRONES et al., 2007). A avaliação da anormalidade das plântulas é instrumento valioso nos experimentos de alelopatia, sendo a necrose da radícula o sintoma mais comum da anormalidade (FERREIRA & ÁQUILA, 2000).

Diversos trabalhos atestam que os efeitos dos aleloquímicos sobre o crescimento inicial refletem em um atrofiamento das partes da planta (PERES et al., 2004; AIRES et al., 2005; RIBEIRO et al., 2009). Plântulas olerícolas inviáveis, como as observadas neste estudo, também foram detectadas por OLIVEIRA et al. (2004). Trabalho de RIBEIRO et al. (2009) constataram que extratos aquosos de folhas de *C. americanum* inibiram o crescimento tanto da parte aérea como do sistema radicular de plântulas de alface, gergelim e rabanete e, principalmente para o sistema radicular, sendo que esta estrutura se mostrou enegrecida e com o uso do extrato puro (100%), as plântulas foram consideradas mortas ou inviáveis.

As respostas fisiológicas das sementes e morfológicas das plântulas frente à exposição a compostos alelopáticos são manifestações secundárias decorrentes de alterações moleculares e celulares, cujos mecanismos ainda permanecem obscuros. Da mesma forma, o perfil químico da maioria das espécies testadas em bioensaios de alelopatia também, muitas vezes, não está disponível na literatura (BARBOSA et al., 2008; WANDSCHEER & PASTORINI, 2008).

Em linhas gerais, a folha é o órgão da planta mais ativo metabolicamente e, portanto, é razoável que elas apresentem maior diversidade de aleloquímicos (RIBEIRO et al., 2009). JACOBI & FERREIRA (1991) encontraram efeitos alelopáticos mais efetivos nos extratos de folhas de maricá (*Mimosa bimucronata* (DC)); AIRES et al. (2005) trabalhando com *Solanum lycocarpum* St. Hill também chegaram a essa conclusão e ainda, RIBEIRO et al. (2009) tra-

balhando com extratos de folhas e raízes de *Crinum americanum* L. encontraram efeitos alelopáticos mais pronunciados quando utilizaram extratos de folhas.

O alcalóide pilocarpina e alcalóides secundários têm sido identificados em abundância nas folhas secas de *P. pennatifolius* (LÚCIO et al., 2002; SALLES et al., 2004) e é possível que a presença dessas substâncias expliquem, pelo menos em parte, os efeitos inibitórios de *P. pennatifolius* sobre a germinação de sementes e sobre o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das espécies cultivadas, por atuar sobre a permeabilidade das membranas levando à alelopatia (SILVA et al., 2006; CARMO et al., 2007).

Em geral, os compostos com atividade alelopática atuam como inibidores de crescimento (ALMEIDA, 1988; FERREIRA & ÁQUILA, 2000); porém alguns trabalhos mostram que extratos vegetais podem conter substâncias estimulantes de germinação e crescimento de plântulas (RICE, 1984; LIN et al., 2004) ou a variação nos teores de um ou mais compostos pode gerar aumento ou redução do efeito inibidor (MURAKAMI et al., 2009). Na grande maioria dos casos onde ocorre inibição por alelopatia em comunidades vegetais, a inibição ocorre por efeito combinado de vários compostos, que agem de maneira aditiva ou sinérgica, dependendo das concentrações relativas dos aleloquímicos (EINHELLIG, 1995).

É importante salientar que o poder inibitório de extratos de plantas sobre outras plantas, verificada por meio de ensaios de laboratório, não indica necessariamente a ocorrência de efeitos alelopáticos sob condições de campo, pois, a ocorrência da alelopatia depende do movimento do composto alelopático no solo. Devido à natureza química desses produtos ser muito diversa e ao fato de muitos destes compostos só serem efetivos quando em presença de outros, em combinações e proporções específicas, torna-se difícil distinguir e identificar os efeitos individuais dos compostos, devido à complexidade biológica do processo (BARBOSA et al., 2008; PEREIRA et al., 2008).

CONCLUSÕES

Os extratos aquosos de folhas secas de *P. pennatifolius* apresentaram efeito alelopático sobre as dez espécies de plantas cultivadas que foram estudadas, o qual foi evidenciado pela redução e/ou inibição da germinação, redução no índice de velocidade de germinação e no crescimento inicial tanto do sistema radicular quanto da parte aérea das plântulas cultivadas. O efeito alelopático foi mais pronunciado no crescimento das estruturas vegetais em relação ao processo germinativo e, em especial no crescimento da raiz, resultando na formação de raízes com severas anormalidades.

REFERÊNCIAS

- AIRES, S.S.; FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. . **Efeitos alelopáticos de folhas e frutos de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) em solo sob três temperaturas.** *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v.19, p. 339-344, 2005 .
- ALMEIDA, F.S.A. . **Alelopatia e as plantas** , Londrina: IAPAR, 1988. 60p. (circular, 53).
- BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. . **Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian cerrados.** *Brazilian Archives of biology and Technology* , v.51, n.4, p.825-831, 2008
- BEIGUELMAN, B ., 5. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 274 p. 2002.
- BRASIL **Regras para análise de sementes.** *Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.* , SNDA/DNDV/CLAV, Brasília. 1992.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants.**
- CALDIZ, D.O.; FERNÁNDEZ, L. **Alelopathy as possible strategy for weed control in agriculture and forestry systems.** *Alelopathy as possible strategy for weed control in agriculture and forestry*

- systems.** In: MACIAS, F.A. *Recent advances in allelopathy.*, Cádiz: Universidad de Cádiz, p. 451-462, 1999.
- CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal.** *Maringá: Eduem.*, p. 105-122, 2002.
- CARMO, F.M.S.; BORGES, E.E.L.; TAKAKI, M. **Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorífera* (Vell.) Rohwer).** *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v.21, n.3, p.697-705, 2007.
- CENTENARO, C.; CORRÊA, L.P.G.; KARAS, M.J.; VIRTUOSO, S.; DIAS, J.F.G.; MIGUEL, O.G.; MIGUEL, M.D. **Contribuição ao estudo alelopático de *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Paraíba, v. 19, n.1, p. 304-308, 2009.
- DIAS, J.F. G.; CÍRIO, G.M.; MIGUEL, M.D.; MIGUEL, O.G. **Contribuição ao estudo alelopático de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss., Celastraceae.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, Paraíba, v.15, n.3, p.220-223, 2005.
- DUKE, S.O.; DAYAN, F.E.; RIMANDO, A.M.; SCHIRADER, K.K.; ALIOTTA, G.; OLIVA, A.; ROMAGNI, J.G. **Chemical from nature for weed management.**
- EINHELLIG, F.A. **Allelopathy: current status and future goals.**
- FERRARESE, M.L.L.; SOUZA, N.E.; RODRIGUES, J.D.; FERRARESE FILHO, M.L.L. **Ferulic acid uptake by soybean root in nutrient culture.** *Acta Physiologiae Plantarum*, v.22, p.11-124, 2000.
- FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia.**
- FERREIRA, M.C.; SOUZA, J.R.P. de; FARIA, T.J. de. **Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão-preto e alface.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.4, p.1054-1060, 2007.
- HERNÁNDEZ-TERRONES, M.G.; MORAIS, S.A.L.; FERREIRA, S.; SANTOS, D.Q.; NASCIMENTO, E.A.; CHANG, R. **Estudo fitoquímico e alelopático do extrato de caule de sucupira-branca (*Pterodon emarginatus*).** *Planta Daninha*, Viçosa, v.25, n.4, p.755-762, 2007.
- HOFFMANN, C.E.F.; NEVES, L.A.S.; BASTOS, C.F.; WALLAU, G.L. *Revista de Ciências Agro-veterinárias*, Lages. v.6, n.1, p.11-21, 2007.
- JACOBI, U.S.; FERREIRA, A.G. **Efeitos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* (DC) OK. sobre espécies cultivadas.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.7, p.935-943, 1991.
- LIN, D.Z.; DONG, Y.J.; TSUZUKI, E.; SUGIMOTO, Y.; DONG, Y.J.; MATSUO, T.H. **Allelopathic effects of aqueous *Aloe vera* leaf extracts on selected crops.** *Allelopathy Journal*, v. 13, p.67-74, 2004.
- LÚCIO, E.M.R.A.; SHARAPIN, N.; FRANÇA, H.S. **Estudo de alcalóides de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 12, supl., p. 130-131, 2002.
- MACEDO, F. M.; MARTINS, G.T.; RODRIGUES, C.G.; OLIVEIRA, D.A. **Triagem fitoquímica do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville).** *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 1166-1168, 2007.
- MACEDO, F. M.; MARTINS, G.T.; RODRIGUES, C.G.; OLIVEIRA, D.A. **Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour.** *Crop Science*, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.
- MURAKAMI, C.; CARDOSO, F.L.; MAYWORM, M.A.S. **Potencial fitotóxico de extratos foliares de *Aloe arborescens* Miller (Asphodelaceae) produzidos em diferentes épocas do ano.** *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 111-117, 2009.

- OLIVEIRA, S.C.C.; FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Efeito alelopático de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) sob diferentes temperaturas.** *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v. 18, p. 401-406, 2004.
- PERES, M.T.L.P.; SILVA, L.B.; FACCENDA, O.; HESS, S.C. **Potencial alelopático de espécies de Pteridaceae (Pteridophyta)** *Acta Botânica Brasileira*, São Paulo, v. 18, p. 723-730, 2004.
- PEREIRA, B.F.; SBRISIA, A.F.; SERRAT, B.M. **Alelopatia intra-específica de extratos aquosos de folhas e raízes de alfafa na germinação e no crescimento inicial de plântulas de dois materiais de alfafa: crioulo e melhorado.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n.2, p. 561-564, 2008.
- PINHEIRO, C.U.B. **Jaborandi (*Pilocarpus* sp., Rutaceae): A Wild species and its rapid transformation into a crop.** *Economic Botany*, Missouri, v. 51, n. 1, p. 49-58, 1997.
- RIBEIRO, J.P.N. MATSUMOTO, R.S.; TAKAO, L.K.; VOLTARELLI, V.M.; LIMA, M.I.S. **Efeitos alelopáticos de extratos aquosos de *Crinum americanum* L.** *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 32, n.1, p.183-188, 2009.
- RICE, E.L. **Allelopathy** *New York: Academic Press*, 2. ed. 422 p. 1984.
- SALLES, L.A.; LOPES, S.O.; ZUANAZZI, J.A.; RECH, S.B.; HENRIQUES, A.T. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 437-439, 2004.
- SALLES, L.A.; LOPES, S.O.; ZUANAZZI, J.A.; RECH, S.B.; HENRIQUES, A.T. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.6, p.1653-1659, 2009.
- SILVA, G.B.; MARTIM, L.; SILVA, C.I.; YOUNG, M.C.M.; LADEIRA, A.M. *Hoehnea*, São Paulo, v.33, n.3, p.331-338, 2006.
- SOUZA-FILHO, A.P.S.; GUILHON, G.M.S.P.; ZOGHBI, M.G.B.; CUNHA, R.L. **Análise comparativa do potencial alelopático de extrato hidroalcoólico e do óleo essencial de folhas de cipó d'álho (Bignoniaceae).** *Planta Daninha*, Viçosa, v.27, n.4, p.647-653, 2009.
- TANIGUCHI, T.; KITAZAWA, Y. A. **A risk-benefit assessment of drugs in the management of glaucoma.** *Drug saf*, v.11, n.1, p.68-74, 1994.
- WANDSCHEER, A.C.D.; PASTORINI, L.H. **Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.4, p.949-953, 2008.