

## ATIVIDADE ALELOPÁTICA E MOLUSCICIDA DE *Syzygium aromaticum* (L.) MERR. & PERRY (MYRTACEAE)

Gusman GS\*, Vieira LR\*\*, Vestena, S\*\*\*

### Resumo

Metabólitos secundários produzidos em algumas plantas podem provocar alterações no desenvolvimento de outras espécies vegetais ou até mesmo de outros organismos. O objetivo deste trabalho foi identificar possíveis efeitos alelopáticos e o controle biológico de *Achatina fulica Bowdich* com extratos aquosos de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry. Para a obtenção do extrato aquoso foram utilizadas gemas florais previamente secas na concentração de 1 g 10 mL<sup>-1</sup>. Foram testadas seis concentrações do extrato aquoso (10, 30, 50, 70, 90 e 100%) e comparadas com água destilada (0,0% - controle). Os extratos aquosos de *S. aromaticum* evidenciaram potencialidades alelopáticas sobre a germinação das sementes e no crescimento da parte aérea e do sistema radicular das espécies testadas; a redução na germinação e no crescimento inicial aumentou com o aumento das concentrações dos extratos aquosos utilizados e, no controle biológico, tanto o percentual de sobrevivência quanto a massa final de *A. fulica* foram afetados. Os resultados indicaram a existência de efeito alelopático e de moluscicida de *S. aromaticum*.

**Palavras-chave:** *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry. *Achatina fulica* Bowdich.

\* Doutoranda em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal de Minas Gerais; Mestre em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa; grasiellegusman@yahoo.com.br

\*\* Graduando do Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental na Universidade Federal do Pampa; licieloromero@hotmail.com

\*\*\* Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa; Mestre em Botânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; professora na Universidade Federal do Pampa de São Gabriel, Av: Antônio Trilha, 1847, 97300000, São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brasil; silvanevestena@unipampa.edu.br

## ***Allelopathic and Molluscicide Effect of Syzygium aromaticum (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae)***

### *Abstract*

*Secondary metabolite produced in some plants can provoke alterations in the development of other plants species or even other organisms. The objective of this work was to identify possible allelopathic effects and the biologic control of Achatina fulica Bowdich with aqueous extracts of Syzygium aromaticum (L.) Merr. & Perry. For obtaining the aqueous extract, we used previously floral buds in concentration of 1 g 10 mL<sup>-1</sup>. Six concentrations of each aqueous extract were tested (10, 30, 50, 70, 90 and 100%) and compared to control (0.0%), distilled water. The aqueous extracts of S. aromaticum showed up allelopathic potentialities on the seed germination and in the growth of the shoot and the root system of the tested species, considering that the reduction in the germination and initial growth increased with the rising of the aqueous extracts concentrations used and, in the biologic control, both survival percentage and the final mass of A. fulica were affected. The results indicated allelopathic and molluscicide effects of S. aromaticum.*

*Keywords: Syzygium aromaticum (L.) Merr. & Perry. Achatina fulica Bowdich.*

## **1 INTRODUÇÃO**

O processo alelopático já foi citado por diversos autores ao longo dos anos e atualmente é definido pela *International Allelopathy Society* como processo que envolve a produção de metabólitos secundários por plantas e microrganismos que influenciam no crescimento e no desenvolvimento de sistemas biológicos com efeitos positivos e negativos, quando liberados no meio ambiente.<sup>1,2</sup> Segundo Maraschin-Silva e Áquila,<sup>3</sup> a alelopatia é um mecanismo de interação química entre vegetais que desempenham um papel importante em diversos ecossistemas. Esse tipo de interação foi definido por Rice<sup>4</sup> e enfatizado por outros pesquisadores, como qualquer efeito direto e indireto, danoso ou benéfico, que uma planta exerce sobre outra pela produção de substâncias químicas (aleloquímicos) liberadas no ambiente.<sup>5,6</sup>

Efeitos alelopáticos são mediados por diferentes categorias de compostos secundários, derivados da rota do acetato, do chiquimato ou da combinação destes,<sup>1</sup> entre eles, destacam-se ácidos de cadeia curta, óleos essenciais, compostos fenólicos, alcaloides, esteroides, terpenos, lactonas insaturadas e derivados de cumarinas<sup>7,1,8</sup> interferindo na conservação, na dormência e na germinação das sementes, no crescimento de plântulas e no vigor vegetativo de plantas adultas, podendo também influenciar a competição entre espécies, e muitos desses compostos estão se revelando como herbicidas naturais, livres dos efeitos prejudiciais dos herbicidas sintéticos.<sup>1</sup> Segundo alguns autores,<sup>9,10,11</sup> substâncias (aleloquímicos) podem ser liberadas pelas plantas pelo escorrimento das folhas verdes, lixiviadas de folhas secas, volatilizadas das folhas, exsudadas das raízes ou liberadas durante a decomposição de material orgânico vegetal. Mesmo flores, frutos e sementes podem ser fontes de toxinas alelopáticas.

Também existem casos em que esses aleloquímicos não são tóxicos até terem sido alterados no próprio ambiente, por degradação química normal ou por ação de microrganismos.<sup>12,13</sup> A maioria dessas substâncias alelopáticas provém do metabolismo secundário do vegetal e, provavelmente, na evolução das plantas, representaram alguma vantagem contra a ação de fitopatógenos, inibindo a ação destes e/ou estimulando o crescimento ou o desenvolvimento das plantas.<sup>13</sup>

Entre as espécies com possível potencial alelopático, destacam-se *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry, popularmente conhecida como craveiro-da-índia (Myrtaceae), uma árvore de grande porte, podendo atingir de 12 a 15 metros de altura e o seu ciclo vegetativo alcança mais de 100 anos.<sup>14</sup> No Brasil, praticamente apenas a Bahia produz essa especiaria na forma comercial e desidratada, conhecido como cravo-da-índia.<sup>15</sup> A gema floral seca do cravo-da-índia é usada principalmente como condimento na culinária, em razão de seu marcante aroma e sabor, conferido por um composto fenólico volátil, o eugenol.<sup>16,17,18</sup> Segundo alguns autores,<sup>19,20</sup> o eugenol pode ser utilizado como anti-inflamatório, anestésico, antisséptico, antioxidante, alelopático e repelente, e, conforme análise de outros autores,<sup>21</sup> dietas à base de cravo-da-índia podem ter efeitos benéficos no tratamento da diabete.

O eugenol é muito usado na odontologia como componente de seladores e de outros produtos antissépticos de higiene bucal, tendo comprovado efeito bactericida.<sup>22,20</sup> Além disso, alguns trabalhos mostraram que o eugenol ou extratos de *S. aromaticum* apresentam atividade nematocida, inseticida, antiviral e fungicida.<sup>23,24</sup> Os efeitos bactericida e fungicida do eugenol talvez expliquem porque a pulverização de sementes de cravo-da-índia com fungicida não melhora sua germinação.<sup>25</sup> Ainda, como atividade fungicida, o óleo essencial do cravo-da-índia pode ser utilizado no combate de doenças no cultivo da banana e como alternativa em seu tratamento pós-colheita.<sup>26</sup> Quanto à sua ação antimicrobiana, antimicótica e antifúngica, o eugenol tem atividade contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *Mycoderma sp*, *Lactobacillus acidophilus*, *Vibrio spp.*, *Edwardsiella ssp.*, *Aeromonas spp.*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas ssp.* e *Bacillus cereus*.<sup>27,20</sup>

No Brasil, um caso de invasão atual e comum a muitos municípios do país é o caramujo gigante africano *Achatina fulica* Bowdich (Gastropoda: Pulmonata). Esse molusco é considerado uma das 100 piores espécies exóticas invasoras do nosso Planeta;<sup>28</sup> nas áreas em que foi introduzido, tornou-se um sério problema ambiental e econômico, em decorrência da competição por alimento e espaço com a fauna nativa e da destruição de cultivos agrícolas.<sup>29,30</sup> A espécie também é considerada um problema de saúde pública, em razão da potencialidade de ser hospedeira de duas espécies de nematoides (*Angiostrongylus costaricensis* Morera & Céspedes e *Angiostrongylus cantonensis* Chen.) causadoras da angiostrongilíase. Com isso, considerando-se os problemas associados à disseminação de *A. fulica*, o estudo sobre a espécie se torna importante ao aprimoramento e ao desenvolvimento de técnicas de controle dela, visando à diminuição dos riscos à saúde pública, além dos prejuízos à agricultura e ao meio ambiente.<sup>29</sup> Para tal, é essencial o monitoramento da espécie e os estudos contínuos de controle.

Com isso, existe a possibilidade de encontrar espécies vegetais com atividade de herbicidas naturais e moluscicidas. Dessa forma, realizou-se este estudo com o objetivo de verificar o efeito de gemas florais de cravo-da-índia no controle biológico de *A. fulica* e o potencial alelopático sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento 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. baba de verão, *L. sativa* L. cv. regina e *L. sativa* L. cv. simpson), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e milho (*Zea mays* L.).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Para a realização dos dois experimentos foram utilizadas gemas florais secas de cravo-da-índia obtidas do comércio local.

Na atividade alelopática, para a obtenção do extrato aquoso de cravo-da-índia, foram utilizadas gemas florais secas na concentração de 1 g 10 mL<sup>-1</sup> (peso/volume) e trituradas em um moinho tipo Willey. A mistura foi deixada em repouso por 48 horas na geladeira (5° ± 1 °C); subsequente a este processo, a solução foi filtrada em funil de büchner por duas vezes, usando-se papel filtro qualitativo. O extrato foi diluído em seis concentrações diferentes (10, 30, 50, 70, 90 e 100%), e utilizou-se água destilada como tratamento controle (controle negativo); para a concentração de 100%, foi utilizado o “extrato puro”, e as diferentes concentrações com o extrato vegetal foram consideradas como controle positivo.

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. baba de verão, *L. sativa* L. cv. regina e *L. sativa* L. cv. simpson), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), nabo (*Brassica rapa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e milho (*Zea mays* L.). Foram efetuados testes preliminares em laboratório para a verificação da viabilidade e do vigor da germinação das sementes. O experimento foi realizado em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos (seis concentrações de extrato e controle), com 12 espécies cultivadas e com cinco repetições cada. Para isso, foram utilizadas placas-de-petri esterilizadas de 9 cm de diâmetro, forradas com dois discos de papel-filtro, sendo umedecidas com 7 mL de água destilada (tratamento controle) ou do extrato aquoso, sendo alocadas 10 sementes de cada espécie cultivada por placa de petri. O experimento foi mantido em câmaras de germinação tipo BOD com temperatura e luminosidade controladas (25 ± 2 °C, 230 µmoles m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), sob fotoperíodo de 16/8 horas luz/escuro. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram 2 mm de protusão radicular.<sup>31</sup> O experimento foi mantido por um período de sete dias, sendo, diariamente, verificado o número de sementes germinadas. Para os dados do crescimento das plântulas, foi coletado, ao final dos sete dias de experimento, o comprimento, em

centímetros, da raiz e da parte aérea, com o auxílio de um paquímetro. A determinação do índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes foi realizada conforme Maguire,<sup>32</sup> por meio de contagens diárias do número de sementes germinadas.

Na atividade moluscicida, o extrato aquoso, na concentração de 1 g 10 mL<sup>-1</sup> (peso/volume), foi diluído em cinco concentrações diferentes (10, 30, 50, 70 e 100%), e utilizou-se água destilada como tratamento controle (controle negativo). Foram utilizados 10 ovos após a ovoposição e 10 moluscos após dois dias de eclosão em três repetições. O experimento foi borrifado a cada dois dias com 5 mL (vinte borrifadas) dos extratos aquosos, sendo ele mantido por um período de 24 dias. Foram obtidas a taxa de eclosão, a taxa de sobrevivência e a massa final, representando o crescimento.<sup>33</sup> Os organismos utilizados no estudo durante todo o período foram mantidos em condições propícias, ou seja, substrato comercial Plantmax® com umidade adequada, além de alimentação e com temperatura (25 ± 2 °C, 230 μmoles m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), sob fotoperíodo de 16/8 horas luz/escuro.

Já na análise experimental, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado para todos os parâmetros analisados, os resultados submetidos à análise de variância (Anova) e as médias, comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.<sup>34</sup>

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os extratos aquosos das gemas florais de cravo-da-índia reduziram e/ou inibiram o percentual de germinação de todas as espécies cultivadas utilizadas, quando comparado ao tratamento controle (Tabela 1).

Tabela 1 – Porcentagem de germinação de sementes de espécies cultivadas em extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry), São Gabriel, RS, 2012

Cultivares	Concentração do extrato (%)						
	0	10	30	50	70	90	100
<i>Brassica campestris</i>	92 a	92 a	80 b	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Brassica oleracea cv. capitata</i>	100 a	96 a	78 b	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Brassica oleracea cv. italica</i>	92 a	70 b	52 c	0 d	0 d	0 d	0 d
<i>Brassica pekinensis</i>	92 a	56 b	52 b	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Brassica rapa</i>	96 a	82 ab	60 b	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Eruca sativa</i>	88 a	78 a	34 b	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Lactuca sativa cv. baba de verão</i>	100 a	88 a	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
<i>Lactuca sativa cv. regina</i>	94 a	66 b	20 c	0 d	0 d	0 d	0 d
<i>Lactuca sativa cv. simpson</i>	96 a	70 b	32 c	0 d	0 d	0 d	0 d
<i>Lycopersicum esculentum</i>	100 a	62 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Raphanus sativus</i>	94 a	82 a	20 b	0 c	0 c	0 c	0 c
<i>Zea mays</i>	36 a	36 a	32 a	12 b	12 b	8 c	0 d

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a maioria das sementes das espécies testadas, a partir da concentração de 50%, os extratos aquosos de cravo-da-índia causaram forte inibição na germinação, exceto para as sementes de tomate e do cultivar do alface baba de verão, em que a inibição na germinação foi verificada a partir da concentração de 30%, e de milho que ocorreu inibição apenas na concentração mais elevada. As sementes mais sensíveis aos extratos de cravo-da-índia foram as de tomate e do cultivar do alface baba de verão, e as sementes de milho foram as que sofreram menor efeito alelopático de cravo-da-índia, pois ocorreu apenas redução no percentual de germinação com o aumento das concentrações utilizadas, sendo verificada apenas na concentração mais elevada a inibição na germinação (Tabela 1).

Os extratos aquosos das gemas florais de cravo-da-índia também interferiram fortemente no crescimento inicial de todas as espécies testadas, com redução e, principalmente, inibição no crescimento da parte aérea e do sistema radicular; o crescimento inicial das duas partes vegetais de todas as espécies testadas foi diminuído ou inibido com o aumento das concentrações dos extratos aquosos (Tabelas 2 e 3). Para todas as espécies ocorreu inibição tanto para o sistema radicular quanto para a parte aérea, a partir da concentração de 30%, exceto para o milho que teve sua inibição a partir da concentração de 50%. Assim, diferentemente do percentual da germinação, o crescimento inicial do sistema radicular e da parte aérea do milho sofreu forte efeito alelopático frente aos extratos aquosos de cravo-da-índia, com redução no percentual de germinação e inibição no crescimento inicial (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Efeito alelopático de extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry), sobre o crescimento do sistema radicular (cm) de espécies cultivadas, São Gabriel, RS, 2012

Cultivares	Concentração do extrato (%)						
	0	10	30	50	70	90	100
<i>Brassica campestris</i>	4,2 a	1,2 b	0,0 c				
<i>Brassica oleracea cv. capitata</i>	7,1 a	3,8 b	0,0 c				
<i>Brassica oleracea cv. italica</i>	3,1 a	0,3 b	0,0 b				
<i>Brassica pekinensis</i>	4,0 a	0,1 b	0,0 b				
<i>Brassica rapa</i>	4,0 a	2,5 b	0,0 c				
<i>Eruca sativa</i>	1,2 a	1,0 a	0,0 b				
<i>Lactuca sativa cv. baba de verão</i>	3,7 a	1,4 b	0,0 b				
<i>Lactuca sativa cv. regina</i>	1,4 a	0,3 b	0,0 b				
<i>Lactuca sativa cv. simpson</i>	1,0 a	0,3 b	0,0 b				
<i>Lycopersicum esculentum</i>	8,5 a	0,7 b	0,0 c				
<i>Raphanus sativus</i>	4,7 a	2,4 b	0,0 c				
<i>Zea mays</i>	1,6 a	1,5 a	0,2 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Efeito alelopático de extratos aquosos de gemas florais do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry), sobre o crescimento da parte aérea (cm) de espécies cultivadas, São Gabriel, RS, 2012

Cultivares	Concentração do extrato (%)						
	0	10	30	50	70	90	100
<i>Brassica campestris</i>	2,3 a	1,0 b	0,0 c				
<i>Brassica oleracea cv. capitata</i>	2,6 a	2,6 a	0,0 b				
<i>Brassica oleracea cv. italica</i>	1,9 a	0,6 b	0,0 b				
<i>Brassica pekinensis</i>	1,7 a	0,2 b	0,0 b				
<i>Brassica rapa</i>	1,5 a	1,2 a	0,0 b				
<i>Eruca sativa</i>	1,5 a	0,9 a	0,0 b				
<i>Lactuca sativa cv. baba de verão</i>	2,4 a	1,1 b	0,0 c				
<i>Lactuca sativa cv. regina</i>	1,5 a	0,4 b	0,0 b				
<i>Lactuca sativa cv. simpson</i>	1,7 a	0,4 b	32 c	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
<i>Lycopersicum esculentum</i>	5,2 a	0,7 b	0,0 c				
<i>Raphanus sativus</i>	4,1 a	2,7 b	0,0 c				
<i>Zea mays</i>	1,0 a	1,0 a	0,5 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em muitos estudos, o que se observa é um efeito alelopático mais pronunciado sobre o desenvolvimento inicial de uma plântula-alvo quando comparado à germinação, já que esse último processo utiliza as reservas da própria semente.<sup>35,3</sup> Entretanto, os resultados obtidos no presente estudo revelaram efeitos tanto sobre o desenvolvimento vegetativo quanto sobre a germinação. Alterações nas curvas de germinação e índices de germinação calculados indicam, segundo Bewley e Black<sup>36</sup> e Labouriau,<sup>37</sup> interferências nas reações metabólicas que culminam na germinação. Quanto ao desenvolvimento inicial, geralmente constata-se uma redução no tamanho do eixo hipocótilo-raiz da planta-alvo,<sup>3,38</sup> esse mesmo efeito foi obtido no tratamento com extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia.

Com os extratos de cravo-da-índia, o índice de velocidade de germinação também diminuiu com o aumento das concentrações utilizadas para todas as espécies testadas. Essa variável foi afetada na concentração de 10% para a maioria das espécies, exceto para repolho, brócolis e rúcula, em que o índice da velocidade de germinação foi diminuído a partir da concentração de 30% (Tabela 4).

Tabela 4 – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de espécies cultivadas em extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry), São Gabriel, RS, 2012

Espécie vegetal	Concentração do extrato (%)						
	0	10	30	50	70	90	100
<i>Brassica campestris</i>	7,5 a	1,2 b	1,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<i>Brassica oleracea cv. capitata</i>	5,2 a	4,5 a	2,4 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<i>Brassica oleracea cv. italica</i>	2,6 a	2,6 a	1,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<i>Brassica pekinensis</i>	8,1 a	3,8 b	0,7 c	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
<i>Brassica rapa</i>	4,3 a	0,8 b	0,5 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<i>Eruca sativa</i>	8,9 a	8,7 a	3,6 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<i>Lactuca sativa cv. baba-de-verão</i>	7,8 a	3,1 b	0,0 c				
<i>Lactuca sativa cv. regina</i>	3,7 a	2,0 b	1,2 c	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
<i>Lactuca sativa cv. simpson</i>	9,4 a	7,0 b	3,1 c	0,0 d	0,0 d	0,0 d	0,0 d
<i>Lycopersicum esculentum</i>	9,6 a	7,0 b	0,0 c				
<i>Raphanus sativus</i>	9,2 a	7,0 b	7,0 b	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c
<i>Zea mays</i>	8,9 a	4,6 b	2,1 c	1,6 c	0,5 d	0,5 d	0,0 e

Fonte: os autores.

Nota: Médias padrão seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nos estudos alelopáticos, a germinabilidade (índice final de sementes germinadas) é um índice muito usado, embora não demonstre outros aspectos do processo de germinação, como atrasos, já que envolve apenas resultados finais, ignorando períodos de germinação inativa no decorrer do bioensaio.<sup>39</sup> Muitas vezes, o que se observa são efeitos significativos de extratos sobre o tempo médio e a velocidade de germinação e nenhuma diferença na germinabilidade, em relação ao controle;<sup>12</sup> nos bioensaios realizados, com a maioria das espécies testadas, foi encontrado efeito alelopático tanto na germinação quanto no IVG (Tabelas 1 e 4).

É possível que o efeito alelopático demonstrado pelo cravo-da-índia seja em decorrência da presença de compostos fenólicos como eugenol. Isso ficou demonstrado quando os extratos aquosos ficaram em contato direto com as sementes das hortaliças. Mazzafera<sup>40</sup> já realizou ensaios com eugenol puro e comprovou que esse composto participa da alelopátia, sendo identificado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) como o principal componente do cravo-da-índia e representando 35% dos fenóis extraídos dessa espécie. Ainda, esse pesquisador relatou que vasos semeados com algumas sementes de cravo-da-índia não possuíam ervas daninhas, que cresciam abundantemente em vasos vizinhos, com outras plantas semeadas. Por exemplo, trevinho (*Oxalis* sp.), uma erva bastante agressiva e com rápida disseminação, não proliferou nos vasos contendo as sementes de cravo-da-índia.

Compostos fenólicos correspondem à classe de metabólitos secundários na qual se encontra a maior parte dos compostos apontados tendo atividade alelopática, indo desde fenóis simples até

taninos de estrutura complexa.<sup>4</sup> Entre os fenóis, poucos são voláteis, como o eugenol. Resultados similares ficaram evidentes com Souto, Gonçalves e Reigosa,<sup>41</sup> em que verificaram que restos de *Pinus radiata* e *Eucalyptus globulus* inibiram o crescimento e o desenvolvimento de alface e esse efeito alelopático ocorreu, principalmente, a compostos fenólicos. Atualmente, considera-se que existem funções ecológicas para os óleos voláteis, especialmente como inibidores de germinação.

Segundo Goetze e Thomé,<sup>42</sup> é comum encontrar nas plantas superiores compostos com propriedades alelopáticas diversificadas quimicamente; a quantidade e a composição destes podem variar com a espécie estudada. Também, deve ser considerado que em condições de solo o efeito dos agentes aleloquímicos pode ser diferente do observado *in vitro*. Os processos utilizados para demonstrar que determinados extratos têm efeitos alelopáticos não provam mais do que a existência de aleloquímicos no material vegetal, não podendo inferir que em condições a campo eles se manifestem.

Os aleloquímicos podem desempenhar um papel significativo no padrão de vegetação e nas variações em microescala no ambiente químico do solo, como aquelas causadas pela decomposição de resíduos vegetais e liberação de metabólitos secundários, que seriam importantes para a germinação e o estabelecimento de sementes individuais,<sup>12,13</sup> e, possivelmente, no controle biológico de pragas.

Uma das principais características que favorecem o uso de produtos naturais moluscicidas é a sua biodegradabilidade e baixa toxidez à biota. Na visão atual do controle do hospedeiro intermediário, o uso de substâncias de origem vegetal, principalmente de plantas nativas da região, é bem-aceito pelas populações de áreas endêmicas em que a medicina tradicional já emprega espécies vegetais. De fato, o estudo de substâncias moluscicidas de origem vegetal praticamente se restringe às espécies de moluscos aquáticos, porém, pode representar uma alternativa importante no controle de moluscos terrestres.<sup>43</sup>

Além do potencial alelopático, verificou-se que os extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia não afetaram significativamente a eclosão dos ovos de *A. fulica*; entretanto, o percentual de sobrevivência e a massa final dos indivíduos da espécie desse molusco terrestre foram afetados significativamente com o aumento das concentrações dos extratos utilizados (Tabela 5).

Tabela 5 – Efeito do extrato aquoso de gemas florais de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry) no controle biológico de *Achatina fulica* Bowdich, São Gabriel, RS, 2012

Concentração (%)	Eclosões (%)	Sobrevivência (%)	Massa final (g)
0	91 a	80 a	1,786 a
10	87,5 a	73,5 a	1,159 ab
30	85 a	63 ab	1,040 b
50	86,6 a	58,5 b	0,785 c
70	85,5 a	45,5 c	0,352 d
100	89 a	40 c	0,105 e

Fonte: os autores.

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

Depois de 24 dias de experimento, observou-se que o percentual de sobrevivência e a massa final foram reduzidos significativamente a partir das concentrações de 50 e 30%, respectivamente, quando comparados ao controle (Tabela 5). Para esse último parâmetro, ocorreu redução na massa final com o aumento das concentrações dos extratos aquosos de cravo-da-índia utilizados. Redução de aproximadamente mais de 10 vezes na concentração mais alta (100%), quando comparada ao tratamento controle (Tabela 5). Possivelmente, a eclosão não foi afetada pelos extratos pela presença da proteção oferecida pela casca dos ovos, diferentemente de quando ocorreu a eclosão, ou seja, a sobrevivência e o crescimento dos indivíduos de *A. fulica* foram fortemente afetados (Tabela 5).

Segundo Raut e Barker,<sup>43</sup> a invasão de *A. fulica* em áreas naturais apresenta um processo inicial de herbivoria das plantas nativas, seguido pela alteração do sistema ecológico natural, supressão das espécies de moluscos nativos (competição por espaço, como: sítio de repouso e postura de ovos e por alimento) e, por fim, contribui para o estabelecimento de outras espécies invasoras.<sup>45</sup>

Estes autores<sup>45</sup> ressaltam que as tecnologias para combater as espécies exóticas invasoras ainda são rudimentares. Essa afirmação é corroborada por estudos que apontam a coleta manual de animais e ovos como uma das principais alternativas de controle para *A. fulica*, embora seja a medida mais trabalhosa e cara e, em alguns casos pouco eficiente.<sup>46,47</sup> O sucesso no controle e a erradicação de *A. fulica* após o seu estabelecimento é raro. Um exemplo de sucesso ocorreu em Miami, EUA, em que uma população em fase inicial de estabelecimento composta por 18.000 indivíduos foi erradicada após seis anos de trabalho, envolvendo coleta manual por profissionais capacitados, iscas com veneno e extensiva campanha educativa com alto investimento.<sup>45</sup>

Muitas são as espécies de plantas tropicais apontadas na literatura como possuidoras de substâncias moluscidas. Podem ser citadas espécies das famílias Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Phytolacaceae, Sapindaceae e Solanaceae. Tão diversos como as espécies que as produzem, são os produtos naturais moluscidas. Entre essas substâncias tóxicas para moluscos, encontram-se alcaloides, saponinas triterpenoides, sesquiterpenoides e derivados fenólicos.<sup>48,49,50</sup> Outros autores,<sup>23</sup> trabalhando com três espécies de Euphorbiaceae (*Euphorbia milii* des Moul. var. *splendens* (Bojer ex Hook) Ursch & Leandri, *E. cotinifolia* L. e *E. tirucalli* L.), relataram que apenas *E. milii* exibiu atividade moluscida elevada sobre *Leptinaria unilamellata* D'Orbigny, um molusco gastrópode considerado uma praga de hortaliças e hospedeiro intermediário de helmintos patogênicos para espécies de aves e de mamíferos. Também, foi observado que extrato etanólico de frutos de pimenta (*Capsicum baccatum* L.) é altamente tóxico a *Biomphalaria glabrata* Say, molusco que está comumente associado à vasta distribuição e à alta morbidade no Brasil, pois é o hospedeiro intermediário do *Schistosoma mansoni*. Contrário do encontrado por outros autores,<sup>51,33</sup> que observaram elevada toxidez do extrato hexânico das folhas de *E. cotinifolia* sobre *B. glabrata*, obtendo efeito moluscida em concentrações de 2,5 e 5,0 ppm para animais adultos; esse extrato hexânico de *E. cotinifolia* provocou hemorragia intensa em 24 horas, e após 48 horas todos os animais já haviam morrido.

Constata-se que estratégias de controle são desenvolvidas para eliminar gastrópodes aquáticos e terrestres em diferentes regiões tropicais em que helmintoses transmitidas por eles são endêmicas. Frequentemente, tais esforços fracassam em razão de diversas limitações, como a ineficácia da substância utilizada no controle químico e/ou do método de aplicação, a resistência do molusco e/ou sua capacidade de escape, assim como a ineficácia do moluscicida em decorrência de fatores ligados ao comportamento e ao padrão sanitário da população de uma determinada região.<sup>33,52</sup> Estes autores<sup>52</sup> realizaram pesquisas mostrando o emprego de extratos de plantas moluscidas ou substâncias isoladas delas como alternativas viáveis no controle de vetores causadores de esquistossomose, não sendo verificado com o presente estudo, podendo ser uma alternativa no controle de *A. fulica*.

Dessa forma, os resultados do presente trabalho indicam a presença de toxidez e, possivelmente, potencial alelopático e moluscicida promovido pelos extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia. Logo, seria interessante investigar o efeito alelopático do eugenol depositado no solo pela queda e lavagem das folhas do craveiro, uma vez que estas apresentam grande concentração desse fenol. Da mesma maneira, seria interessante estudar se esse fenol volátil tem alguma importância protetora contra o ataque de insetos, uma vez que é conhecida popularmente a recomendação de se colocarem cravos em açucareiros para evitar formigas.<sup>40</sup> Adicionalmente, por meio de trabalhos recentes desenvolvidos no Amazonas, no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), foi elucidada uma metodologia de utilização de extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia no controle de larvas do mosquito da dengue (*Aedes aegyptis* L.) relatando que, em laboratório, as larvas morrem em 24 horas em presença do extrato aquoso pela presença do eugenol como substância ativa presente nas partes florais.

#### 4 CONCLUSÃO

Os extratos aquosos de gemas florais de cravo-da-índia apresentaram forte potencial alelopático, inibindo fortemente a germinação das sementes e o crescimento inicial das plântulas das espécies testadas (*Brassica campestris* L., *Brassica oleracea* L. cv. capitata, *Brassica oleracea* L. cv. italica, *Brassica pekinensis* L., *Lactuca sativa* L. cv. baba de verão, *L. sativa* L. cv. regina e *L. sativa* L. cv. simpson, *Lycopersicon esculentum* Miller, *Brassica rapa* L., *Eruca sativa* L., *Raphanus sativus* L. e *Zea mays* L.) e reduziram a velocidade de germinação para quase todas as espécies de hortaliças cultivadas; as hortaliças mais sensíveis aos extratos elaborados a partir de gemas florais de cravo-da-índia foram o tomate e o cultivar do alface baba de verão.

Os extratos aquosos de cravo-da-índia apresentaram significativa atividade moluscicida interferindo na sobrevivência e na massa final dos indivíduos de *A. fulica*, sendo possivelmente um potente agente no controle biológico dessa espécie.

## REFERÊNCIAS

1. Dias JFG, Círio GM, Miguel MD, Miguel OG. Contribuição ao estudo alelopático de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss., Celastraceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2005;15(3):220-3.
2. Souza LS, Velini E D, Martins D, Rosolem CA. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. *Planta Daninha*. 2006;24(4):657-68.
3. Aquila MEA. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. *Iheringia (Série Botânica)*. 2000;53:51-66.
4. Rice EL. *Allelopathy*. 2. ed. New York: Academic Press; 1984.
5. Carmo FMS, Borges EEL, Takaki M. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorífera* (Vell.) Rohwer). *Acta Botânica Brasilica*. 2007;21(3):697-705.
6. Sartor LR, Adami PF, Chini N, Martin TN, Marchese JA, Soares AB. Alelopatia de acículas de *Pinus taeda* na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Avena strigosa*. *Ciência Rural*. 2009;39(6):1653-59.
7. Periotto F, Perez SCJGA, Lima MIS. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. ex. Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. *Acta Botanica Brasilica*. 2004;18(3):425-30.
8. Wandscheer ACD, Pastorini LH. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. *Ciência Rural*. 2008;38(4):949-53.
9. Gliessman SR. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Ed. UFRGS; 2000.
10. Gatti, AB, Perez SCJGA, Lima MIS. 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*. 2004;18(3):459-72.
11. Singh HP, Batish DR, Pandher JK, Kohli RK. Phytotoxic effects of *Parthenium hysterophorus* residues on three *Brassica* species. *Weed Biology and Management*. 2005;5:105-9.
12. Ferreira AG, Áquila MEA. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 2006;12:175-204.
13. Maraschin-Silva F, Áquila MEA. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. *Revista Árvore*. 2006;30(4):547-55.
14. Tainter DR, Grenis AT. *Especies y aromatizantes alimentarios*. Zaragoza: Acribia; 1996.
15. Sacramento CK, Casali BL, Pereira EC. Growing spices in Brazil. *Pepper News*; 2001:60-70.

16. Raina VK, Srivastava SK, Aggarwal KK, Syamasundar KV, Kumar S. Essential oil composition of *Syzygium aromaticum* leaf from Little Andaman, India. *Flavour Fragrance Journal*. 2001;16:334-6.
17. Oliveira FQ, Gobira B, Guimarães C, Batista J, Barreto M, Souza M. Espécies vegetais indicadas na odontologia. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2007;17:466-76.
18. Agra MF, Silva KN, Basílio IJLD, França PF, Barbosa-Filho JM. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2008;18:472-508.
19. Gobbo-Neto L, Lopes NP. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*. 2007;30:374-81.
20. Oliveira RA, Reis, TV, Sacramento CK, Duarte LP, Oliveira FF. Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2008;19(3):771-5.
21. Prasad RC, Herzog B, Boone B, Sims L, Waltner-Law M. An extract of *Syzygium aromaticum* represses genes encoding hepatic gluconeogenic enzymes. *Journal of Ethnopharmacol*. 2005;96:295-301.
22. Ponce AG, Valle CE, Roura SI. Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss Chard. *Lebensm Wiss Technology*. 2003;37(1):679-784.
23. Nascimento GGF, Locatelli J, Freitas PC, Silva GL. Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2000;31:247-56.
24. Tsao R, Yu Q. Nematicidal activity of monoterpenoid compounds against economically important nematodes in agriculture. *Journal of Essential Oil Research*. 2000;12:350-4.
25. Maeda JA, Bovi MLA, Bovi OA, Lago AA. Germination of clove seeds-effect of temperature, fruit pulp and fungicide treatment. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1991;26:893-9.
26. Ranasinghe L, Jayawardena B, Abeywickrama K. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. Pathogens isolated from banana. *Letters in Applied Microbiol*. 2002;35:208-11.
27. Guimarães SS, Mazaro SM, Ramos CEP, Gouvea A, Szepanhuk V, Padilha TR. Indução de fitoalexinas em cotilédones de soja (*Glycine max* L.) em resposta a derivados de capítulos florais decravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* L.). In: Anais do 4. Seminário de Sistema de Produção Agropecuária, 2007; Dois Vizinhos, Paraná, Brasil; 2007.
28. Simião MS, Fischer ML. Estimativa e inferência do método de controle do molusco exótico *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Stylommatophora; Achatinidae) em pontal do Paraná, litoral do Estado do Paraná. *Cadernos de Biodiversidade*. 2004;4:74-83.
29. Teles HMS, Fontes LR. Implicações da introdução e dispersão de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 no Brasil. *Boletim do Instituto Adolfo Lutz*. 2002;12(1):3-5.

30. Fischer, M. L, Simião MS, Colley E, Zenni RD, Silva DAT, Latoski NO. O caramujo exótico invasor na vegetação nativo em Morretes, PR: diagnóstico da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa Aluvial. *Biota Neotropica*. 2006;6(2):1-5.
31. Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF; 1992.
32. Maguire JD. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*. 1962;2:176-7.
33. Nascimento CAA do. Efeito do extrato aquoso de folhas de *Allamanda cathartica* L. (Apocynaceae) sobre *Bradybaena similaris* (Férussac, 1821) (Mollusca, Bradybaenidae) em condições de laboratório. *Revista Brasileira de Zoociências*. 2006;8(1):77-82.
34. Beiguelman B. Curso prático de bioestatística. 5. ed. Ribeirão Preto: Funpec; 2002.
35. Miró CP, Ferreira AG, Áquila MEA. Alelopatia de frutos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no desenvolvimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 1998;33(8):1261-70.
36. Bewley JD, Black M. Physiology and biochemistry of seeds, in relation to germination. Berlim: Springer-Verlag; 1978.
37. Labouriau LFG. A germinação das sementes. Washington: Departamento de Assuntos Científicos e Tecnológicos da Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos; 1983. (Biologia, 24).
38. Rodrigues KCS. Verificação da atividade alelopática de *Myrciaria cuspidata* Berg. (Camboim). Porto Alegre. Dissertação [Mestrado em Botânica] – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2002.
39. Chiapusio G, Sánchez AM, Reigosa MJ, González L, Pellissier F. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process? *Journal of Chemical Ecology*. 1997; 23:2445-53.
40. Mazzafera P. Efeito alelopático do extrato alcoólico do cravo-da-índia e eugenol. *Revista Brasileira de Botânica*. 2003; 26(2):231-8.
41. Souto XC, Gonzalez L, Reigosa MJ. Comparative analysis of allelopathic effects produced by four foresty species during decomposition process in their soils in Galicia (NW. Spain). *Journal of Chemical Ecology*. 1994;20(11):3005-15.
42. Goetze M, Thomé GCH. Efeito alelopático de extratos de *Nicotiana tabacum* e *Eucalyptus grandis* sobre a germinação de três espécies de hortaliças. *Revista Brasileira de Agrociência*. 2004;10(1):43-50.
43. Sá Barreto LC, Carvalho EFNB, Cunha-Filho MSS, Ferreira CP, Xavier HS. Atividade moluscicida de extrato de aucubina de *Vitex gardneriana* Schauer (Verbenaceae) em embriões da *Biomphalaria glabrata*. *Latin American Journal of Pharmacy*. 2007;26(3):339-43.

44. Raut K, Barker G. *Achatina fulica* Bowdich and others Achatinidae pest in tropical agriculture. In: Barker GM. (Ed.). Mollusks as croup pest. London, UK: CAB Publishing; 2002.
45. Colley E, Fischer ML. Avaliação dos problemas enfrentados no manejo do caramujo gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) no Brasil. *Zoologia*. 2009;26(4):674-83.
46. Byers J, Reichard S, Randall JM, Parker IM, Smith CS, Lonsdale WM, Atkinson AE, Seastedt TR, Williamson M, Chornesky E, Hayes D. Directing research to reduce the impacts of nonindigenous species. *Conservation Biology*. 2002;16(3):630-40.
47. Cowe RH, Robinson DG. Pathways of introduction of nonindigenous land and freshwater snails and slug. In: Ruiz G, Carlton JT. (Ed.). Invasive species: vectors and management strategies. Washington: Island Press; 2003.
48. Marston A, Hostettmann K. Plant molluscicides. *Phytochemistry*. 24(4):639-52.
49. Rug M, Ruppel A. Toxic activities of the plant *Jatropha curcas* against intermediate snail hosts and larvae of schistosomes. *Tropical Medicine & International Health*. 2000;5(6):423-30.
50. Santos ABS dos, Silva TFB da, Paiva LM, Santos AC, Alves-Lima EAL de. Efeito fungitóxico do óleo de nim sobre *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* e *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. *Revista Caatinga*. 22(2):17-22.
51. Pereira JP, Souza CP, Mendes NM. Propriedades moluscicidas da *Euphorbia cotinifolia* L. *Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas*. 1978;11(6):345-51.
52. Macedo FM, Martins GT, Rodrigues CG, Oliveira DA. Triagem fitoquímica do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville). *Revista Brasileira de Biociências*. 2007;5(2):1166-8.

Recebido em 23 de setembro de 2013  
Aceito em 20 de outubro 2014

