

Phytotoxicity of exotic species on the physiological potential of crambe seeds (*Crambe abyssinica* Hochs)

Fitotoxicidade de espécies exóticas sobre o potencial fisiológico de sementes de crambe (Crambe abyssinica Hochs)

Silvana Fraga da Silva^{1*}, Halina Stéffany Lopes Costa², Jesimiel da Silva Viana³, Sebastião Medeiros Filho⁴

Abstract: Biological invasions of exotic plants can seriously contribute to ecological imbalances within areas to which they have been introduced, affecting, in addition to native plants, cultivated species. Consequently, the objective of the current study was to evaluate effects of allelopathic extracts of three exotic species on the physiological quality of crambe seeds. Aqueous extracts of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC (algaroba) were formulated; *Azadirachta indica* A. Juss (Nim) and *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne (viuvinha) at 20% (200 g of dried leaves per liter of distilled water) placed in B.O.D at 25 ° C for 24 h. Petri dishes, lined with germitest paper sheets, were moistened with aqueous extracts at 2.5 times de paper weight. In the experimental trial, we used the completely randomized, with four treatments (three extracts + control treatment) and four replicates of 25 seeds. The first and second germination counts were evaluated in the fourth and tenth days respectively; germination rate index (GRI), allelopathic effect index (AEI), seedling length and dry mass. *P. juliflora* and *C. madagascariensis* reduced germination by 84 and 91%, respectively, in the first count. The GRI was affected by the three species, while the AEI showed greater allelopathy for *C. madagascariensis*, reaching -0.90. Seedlings lengths were reduced in the presence of *P. juliflora* and *C. madagascariensis*. For crambe seeds, all extracts negatively affected their physiological potential.

Key words: Biological invasion. Germination. Secondary compounds.

Resumo: As invasões biológicas de plantas exóticas podem contribuir seriamente para o desequilíbrio ecológico dentro da área de sua introdução, afetando, além das plantas nativas, espécies cultivadas. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos dos extratos alelopáticos de três espécies exóticas sobre a qualidade fisiológica de sementes de crambe. Formularam-se os extratos aquosos de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (algaroba); *Azadirachta indica* A. Juss (Nim) e *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne (viuvinha) a 20% (200 g de folhas secas por litro de água destilada), colocados em B.O.D a 25°C por 24 h. As placas de petri, forradas com folhas de papel germitest, foram umedecidas com os extratos aquosos em 2,5 vezes o peso do papel. No ensaio experimental, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro tratamentos (três extratos + tratamento controle) e 4 repetições de 25 sementes. Foram avaliados: primeira e segunda contagem de germinação no quarto e décimo dia, respectivamente; índice de velocidade de germinação (IVG), índice de efeito alelopático (RI), comprimento e massa seca das plântulas. A *P. juliflora* e *C. madagascariensis* reduziram a germinação em 84 e 91%, respectivamente, na primeira contagem. O IVG foi afetado pelas três espécies, enquanto o RI apresentou maior alelopatia para a *C. madagascariensis*, chegando a -0,90. Os comprimentos das plântulas tiveram redução na presença dos compostos da *P. juliflora* e *C. madagascariensis*. Para as sementes de crambe, todos os extratos afetam negativamente o seu potencial fisiológico.

Palavras-chave: Invasão biológica. Compostos secundários. Germinação.

*Corresponding author

Sent for publication in 06/06/2017 and approved in 07/11/2017

¹Mestranda em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará, DF/CCA/UFC, Lavras, Brasil. E-mail - silvana.silva1@posgrad.ufla.br.

²Mestranda em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará, DF/CCA/UFC, Fortaleza/Brasil. E-mail - ster_fany18@hotmail.com;

³Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará; Bolsista de Iniciação Científica, DF/CCA/UFC, Fortaleza/Brasil. E-mail - jesimiel_95@hotmail.com;

⁴Doutor, Prof^o da Universidade Federal do Ceará. Bolsista em produtividade de pesquisa do CNPq, DF/CCA/UFC, Fortaleza/Brasil. E-mail - filho@ufc.br

INTRODUCTION

The release of compounds with secondary activities is one of the factors that has explained the invasive potential of exotic plant species, which are often able to form large populations in invaded areas (HIERRO; CALLAWAY, 2003; GIORIA; OSBORNE, 2014). For this reason, allelopathy has received increasing attention within studies of biological invasion (NEGI *et al.*, 2016).

Azadirachta indica A. Juss (Neem, *nim* in Brazilian Amazonia), is native to India, and is one of the exotic species currently expanding its range in Brazil. It has an active compound (azadirachtin) in the leaves. According to COSTA *et al.* (2016), this compound has insecticidal and herbicidal properties, allelopathic effect varying with the concentration. Azadirachtin may have a negative effect on germination and on the development of a variety of plant species (RICKLI *et al.*, 2011).

Popularly called rubber vine (*viuvinha* in Brazilian Amazonia) *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. is a species native to the Island of Madagascar (Africa) that was introduced in Brazil as an ornamental plant and is currently being defined as invasive in the Caatinga. Due to the ease of dispersion of its seeds and adaptation to the edaphoclimatic conditions of the state of Ceará, this species can decimate large extensions of carnauba tree when uncontrolled (SOUZA *et al.*, 2016).

An exotic plant in Brazil, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Ironwood in English and Algaroba in Brazilian Amazonia) is of Andean origin and has adapted well to the Brazilian Caatinga, and has expanded with enormous rapidity into the Brazilian the northeastern states (ALMEIDA *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014). This is due to its tolerance to hot and dry climate, as well as potential allelopathic effects on native species. Currently, in the country, it is considered one of the main invasive plants (SANTOS, DIODATO, 2016).

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) is a member of the Brassicaceae, and has its center of origin is the Mediterranean area. In Brazil, especially in the central-west region, this species has been used for forage and biodiesel production, the latter has been more studied since the oil obtained from crambe has high levels of high molecular weight fatty acids, which contribute to the generation of biodiesel that is cheaper and stable when compared to those normally produced from soybean. It is also a source of clean and renewable energy (FEROLDI, 2012).

Thus, crambe is a potential alternative crop because of its economic importance and capacity for growth in regions of dry climate, as the Brazilian Northeast. However, potentially some plant species could have a direct effect on the establishment and development of the crambe field crop. Since the Northeast region has several invasive species and the relation of these with other plants is unknown, the objective of the current study was to evaluate the effects of allelopathic extracts of three invasive species in the caatinga on the germination and physiological quality of crambe seeds.

INTRODUÇÃO

A liberação de compostos com atividades secundárias é um dos fatores que tem explicado o potencial invasor de espécies exóticas, que são capazes de formar grandes populações em áreas invadidas (HIERRO; CALLAWAY, 2003; GIORIA; OSBORNE, 2014). Por essa razão, a alelopatia tem recebido cada vez mais atenção dentro dos estudos de invasão biológica (NEGI *et al.*, 2016).

A *Azadirachta indica* A. Juss (Nim), originária da Índia, é uma das espécies exóticas em expansão no Brasil, possui um composto ativo denominado *azadiractina*, que é encontrado nas folhas. Segundo estudo realizado por Costa *et al.* (2016), esse composto apresenta propriedades inseticidas e herbicida, com variação no efeito alelopático de acordo com a concentração analisada, podendo apresentar efeito negativo sobre a germinação e no desenvolvimento de plantas de diferentes espécies (ALBUQUERQUE *et al.*, 2015; RICKLI *et al.*, 2011).

Popularmente chamada de viuvinha, a *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. é uma espécie originária da Ilha de Madagascar (África) que foi introduzida no Brasil como planta ornamental e, atualmente, vem sendo definida como invasora na Caatinga. Devido à facilidade de dispersão de suas sementes e adaptação às condições edafoclimáticas do estado do Ceará, essa espécie tem dizimado grandes extensões de carnaubais, quando não controlada (SOUZA *et al.*, 2016).

Planta exótica no Brasil, a *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Algaroba) é de origem andina e teve boa adaptação na Caatinga brasileira, o que contribuiu para dispersão vertiginosa na maioria dos estados do Nordeste brasileiro, isso ocorre devido sua resistência ao clima quente e seco (ALMEIDA *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014) e, possivelmente, aos efeitos alelopáticos sobre as espécies nativas. Atualmente, no país, é considerada uma das principais plantas invasoras (SANTOS; DIODATO, 2016).

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence à família Brassicaceae e seu centro de origem é o Mediterrâneo. No Brasil, especialmente na região centro-oeste, essa espécie vêm sendo empregada na forragicultura e na produção de biodiesel, esse último tem sido mais estudado já que o óleo obtido a partir do crambe possui elevados teores de ácidos graxos de alto peso molecular, que contribuem na geração de biodiesel mais barato e estável, quando comparados àqueles que são normalmente produzidos com a soja, além de tratar-se de uma fonte de energia limpa e renovável (FEROLDI, 2012).

Assim, o crambe se torna uma alternativa de cultivo por sua importância econômica e potencialidade de produção em regiões de clima seco, como o Nordeste. No entanto, algumas espécies de plantas podem ter efeito direto sobre o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura em campo. Como na região Nordeste há presença de espécies invasoras e a relação dessas com outras plantas é desconhecida, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de extratos alelopáticos de três espécies invasoras na caatinga sobre a germinação e qualidade fisiológica de sementes de crambe.

MATERIAL AND METHODS

The study was based in the seed analysis laboratory of the Department of Plant Science of the Federal University of Ceará (UFC), located in the city of Fortaleza, Ceará State, Brazil.

Leaves from *P. juliflora*, *A. indica* and *C. madagascariensis* were collected at the Vale do Curu Experimental Farm (VCEF), in Pentecoste municipality, Ceará State (3°49'25"S, 39°20'20" W; altitude, 50 m). The climate is hot and humid, with an annual mean temperature of 26.8 °C, mean relative humidity of 73%, and mean annual rainfall of 723.3 mm (NAGÃO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2014).

To prepare aqueous extracts, fresh leaves were taken to the Seed Analysis Laboratory and dried in an circulating air oven at 60°C for 72 h, until the full dry mass was obtained. Extract was prepared from a mixture of 200 g of dry mass and 1 L of distilled water and kept in B.O.D for 24 h at a temperature of 25°C. Contents were then filtered to obtain aqueous extracts (20%).

The experimental trial was set up using a completely randomized design (CRD), with four treatments and four replicates of 25 seeds per plot. The treatments consisted of aqueous extracts of *P. juliflora*, *A. indica* and *C. madagascariensis*, as well as distilled water, as a control treatment.

Crambe (*C. abyssinica*) seeds, from the 2010 harvest, were provided by the Mato Grosso do Sul Foundation for Research and Diffusion of Agricultural Technologies, located in Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brazil, and stored in a cold room at 18°C and relative humidity of 45% for a period of seven years. For the experiment, seeds were placed in petri dishes lined with two layers of germitest® paper, those in each dish moistened with either an extract or distilled water (control) at the ratio of 2.5 times the weight of the papers. Plates were cultured in a germinator at 25° C, under constant light, for 10 days. The variables evaluated were: **Germination** (two counts of normal seedlings - with radicle and aerial part without anomalies), the first being conducted on the fourth and the last on the tenth day; **Germination speed index (GSI)** (obtained from the sum of the number of germinated seeds in each day, divided by the number of days of their germination since the beginning of the test). **Allelopathic effect index (AEI)**, which was estimated using the following formula: $RI = T/C - 1$, C = control seed germination rate; T = treated seed germination rate; **Seedling length**: seedlings per replicate, randomly selected by means of a graduated ruler, positioned from the root end to the apex of the aerial part; **Seedling dry mass**: 10 seedlings per repetition placed in paper bags and placed in an air circulation oven at 60° C for 72 h, after which the mass of the seedlings was measured in a semi-analytical balance.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de análise de sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizado na cidade de Fortaleza (CE).

As folhas de *P. juliflora*, *A. indica* e *C. madagascariensis* foram coletadas na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), em Pentecoste – Ceará, cujas coordenadas geográficas são: latitude 3°49'25" S, longitude 39°20'20" W e altitude de 50 m. O clima é quente e úmido, com média anual de temperatura de 26,8 °C, umidade relativa de 73% e precipitação pluviométrica anual de 723,3 mm (NAGÃO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2014).

Para a preparação dos extratos aquosos, as folhas frescas foram levadas para o Laboratório de Análise de Sementes e secas em estufa de circulação de ar a 60 °C por 72 h, até se obter a massa seca. O extrato foi elaborado a partir da mistura de 200 g de massa seca e 1 L de água destilada, sendo mantido em B.O.D por 24 h a uma temperatura de 25°C. Vencido o tempo, o conteúdo foi passado em uma peneira para se obter os extratos aquosos (20%).

O ensaio experimental foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e quatro repetições de 25 sementes por parcela. Os tratamentos consistiram dos extratos aquosos de *P. juliflora*, *A. indica* e *C. madagascariensis*, além de água destilada, como tratamento controle.

As sementes de crambe (*C. abyssinica*), da safra de 2010, foram cedidas pela Fundação MS para a Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, localizada em Maracaju – Mato Grosso do Sul (MS), ficando armazenadas em câmara fria, a 18°C e umidade relativa de 45%, por um período de sete anos. Para o experimento, as sementes foram postas em placas de petri forradas com duas camadas de papel germitest® umedecido com os extratos e água destilada (controle), na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. As placas foram acondicionadas em germinador, a 25 °C, a luz constante, por 10 dias. As variáveis avaliadas foram: **Germinação**: fez-se duas contagens de plântulas normais (com radícula e parte aérea sem anomalias), sendo a primeira no quarto e a última no décimo dia; **Índice de velocidade de germinação (IVG)**: obtido a partir da somatória do número de sementes germinadas em cada dia, dividido pelo número de dias das suas germinações desde o início do teste; **Índice de efeito alelopático (RI)**: estimou-se através da seguinte fórmula: $RI = T/C - 1$, em que: C = velocidade de germinação do controle; T = velocidade de germinação do tratamento; **Comprimento das plântulas**: mediu-se com auxílio de uma régua graduada, posicionada da extremidade da raiz até o ápice da parte aérea, 10 plântulas por repetição, selecionadas aleatoriamente; **Massa seca das plântulas**: 10 plântulas, por repetição, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar a 60 °C por 72 h, com posterior aferimento da massa das plântulas, em balança semi-analítica.

Data were assayed with analysis of variance (ANOVA), and the means were compared with a Tukey test (5% probability) using the SISVAR program (FERREIRA, 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the analysis of variance for the analyzed variables. According to the F test ($p \leq 0.05$), significant differences were found between treatments for the variables evaluated, except for the dry mass of crambe seedlings.

In Figure 1, crambe first count germination percentage ranged from 6 to 69% (control). Extracts of *A. indica*, *P. juliflora* and *C. madagascariensis* all showed negative effect on germination percentage, causing reductions of 32, 11 and 6%, respectively.

In the final germination count, extracts of *P. juliflora* and *C. madagascariensis* differed statistically from the control, significantly reducing crambe seed germination percentage (57 and 58%, respectively). Silva et al. (2012), studying allelopathic effects of *A. indica* leaf extract, reported an 85% reduction in germination of *Bidens pilosa* L., an increase in its germination time by 261%, and a reduction of its germination speed by 62%.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis analisadas. De acordo com o teste F ($p \leq 0,05$), diferenças significativas foram encontradas entre tratamentos para as variáveis avaliadas, com exceção da massa seca das plântulas de crambe.

Na Figura 1, a porcentagem de germinação do crambe, na primeira contagem, variou de 6 a 69% (testemunha). Os extratos de *A. indica*, *P. juliflora* e *C. madagascariensis* mostraram efeito negativo sobre a porcentagem de germinação, reduzindo para 32, 11 e 6%, respectivamente.

Na contagem final de germinação, os extratos de *P. juliflora* e *C. madagascariensis* se diferenciaram estatisticamente da testemunha, reduzindo significativamente a porcentagem de germinação das sementes de crambe em 57 e 58%, respectivamente. Silva et al. (2012), estudando extrato alelopático de *A. indica*, verificaram redução da germinação de *Bidens pilosa* L. em 85%, aumentando o tempo de sua germinação em 261% e diminuindo sua velocidade de germinação em 62%.

Table 1 - Mean squares, coefficients of variation and F test significance for the analysed variables

Tabela 1 - Quadrados médios, coeficientes de variação e significância do teste F referentes as variáveis avaliadas

VS	DF	QM					
		GFC	G	GVI	IV	S	SDW
Trat	3	3281.3**	1805.3**	59.5**	115.375**	13.2**	2x10 ^{-6NS}
Res.	12	139.33	259.3	0.79	9.034,3	0.35	1x10 ^{-6NS}

**Significant at 1%; NS Not significant; MS= Mean Square; VS=Variation source; Trat= Tratamentos; Res= Resíduo; DF=degrees of freedom; GFC= germination, first counting; G= Percentage germination; GVI= Germination velocity index; IV= Index of vigor; S= Seedling size; SDW= Seedling dry weight.

**Significativo a 1%; NS Não significativo; QM= Quadrado médio; FV=Fonte de variação; Trat= Tratamentos; Res= Resíduo; GL=Grau de liberdade; PCG= Primeira contagem de germinação; G= Porcentagem de germinação; IVG= Índice de velocidade de germinação; IV= Índice de vigor; C= Comprimento das plântulas; MS= Massa seca das plântulas.

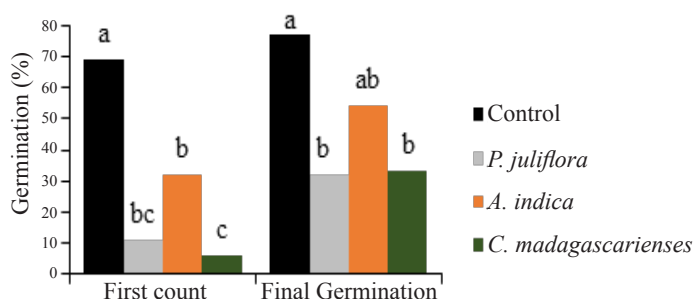


Figure 1 - Percentage of germination of crambe seeds, first and last count, exposed to aqueous extracts of *P. juliflora*, *A. indica* and *C. madagascariensis*.

Equal letters do not differ statistically (Tukey test, 5% probability).

Figura 1 - Percentagem de germinação de sementes de crambe, primeira e última contagem, submetidas aos extratos aquosos de *P. juliflora*, *A. indica* e *C. madagascariensis*.

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Several studies have show allelopathic or inhibitory effects by plants on the physiological attributes cultivated plants; Rickli *et al.* (2011), for example, showed that the application of an extract of *A. indica* leaves reduced seed germination rates in *Phaseolus vulgaris* L. and *Glycine max* L.

For crambe, all treatments evaluated showed a statistical difference ($p \leq 0.05$) in the germination speed index (GSI) compared to the control (Figure 2A). Extracts of *A. indica* and *P. juliflora* did not differ, but the extract of *C. madagascariensis* showed a negative effect on GSI and also a greater allelopathic effect (AEI) on crambe (Figure 2B).

As can be seen in Table 2, the *A. indica* extract had positive allelopathic effect on the growth of crambe seedlings relative to the control. However, this response was not observed in dry mass, where no statistical difference was found between the treatments.

Unlike *A. indica* and *C. madagascariensis*, *P. juliflora*, caused a reduction in the length of crambe seedlings, compared to the control. According to Ferreira and Borghetti (2004), seedling length is the variable that best shows the effect of allelopathic compounds, since roots are sensitive to toxicity and are in direct contact with the extracts. However, *P. juliflora* extract appeared toxic only to seedling growth, with no influence observed on dry mass, which could have been compromised by seedling dwarfing (Table 2).

Diversos estudos vêm comprovando os efeitos alelopáticos ou inibitórios sobre qualidade fisiológica de outras espécies vegetais de plantas cultivadas. Rickli *et al.* (2011) verificaram que a aplicação do extrato de *A. indica* reduziu a germinação de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. e *Glycine max* L., podendo alterar a uniformidade da germinação.

Quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG), todos os tratamentos avaliados apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,05$) em relação à testemunha (Figura 2A). Os extratos de *A. indica* e *P. juliflora* não diferiram entre si, mas o extrato de *C. madagascariensis* expressou efeito mais negativo sobre o IVG e também maior efeito alelopático (RI) sobre o crambe (Figura 2B).

Com base na Tabela 2, o extrato de *A. indica* teve efeito alelopático positivo no crescimento das plântulas de crambe em relação à testemunha. Porém, essa resposta de acréscimo não foi observada em sua massa seca, que não apresentou diferença estatística entre os tratamentos.

A *P. juliflora*, diferentemente da *A. indica* e da *C. madagascariensis*, ocasionou redução no comprimento das plântulas de crambe, comparada à testemunha. Segundo Ferreira e Borghetti (2004), o comprimento das plântulas é a variável que melhor expressa o efeito dos compostos aleloquímicos, pois as raízes são sensíveis a toxicidade e ficam em contato direto com os extratos. No entanto, o extrato de *P. juliflora* apresentou toxicidade apenas no crescimento das plântulas, não sendo observada interferência na massa seca, o que poderia ter sido comprometida pelo nanismo de suas plântulas (Tabela 2).

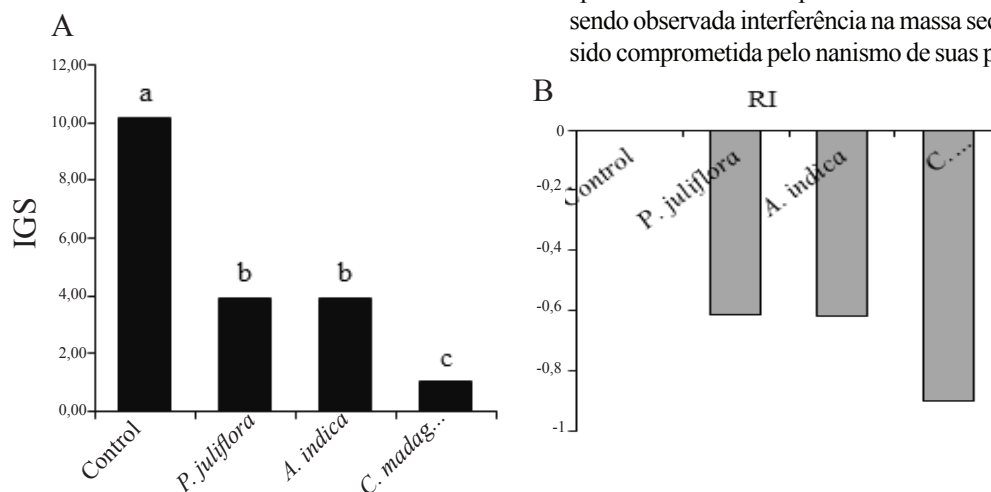


Figure 2 - Index of germination speed - IGS (A) and allelopathic effect index (RI) (B) of crambe seeds submitted to extracts of *P. juliflora*, *A. indica* and *C. madagascariensis*.

Equal letters do not differ statistically (Tukey test, 5% probability).

Figura 2 - Índice de velocidade de germinação - IVG (A) e índice de efeito alelopático -RI (B) de sementes de crambe submetidas aos extratos de *P. juliflora*, *A. indica* e *C. madagascariensis*.

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Table 2 - Length (cm) and seedling dry mass (g) of crambe seeds in relation to allelopathic *P. juliflora*, *A. indica* and *C. madagascariensis* extracts

Tabela 2 - Comprimento (cm) e massa seca da plântula (grama) de sementes de crambe em relação aos extratos alelopático de *P. juliflora*, *A. indica* e *C. madagascariensis*.

Treatments	Length (cm per seedling)	Dry weight (mg per seedling)
Control	5.85 b	5.1 a
<i>P. juliflora</i>	3.34 c	5.0 a
<i>A. indica</i>	7.72 a	6.4 a
<i>C. madagascariensis</i>	5.02 b	6.0 a

According to Samuel *et al.* (2012), in addition to strong allelochemically-mediated allelopathy, the invasive capacity of *P. juliflora* is enhanced by its reduction of the water table and shading of competing plants. Consequently, invasion of this species in crop areas can cause great damage to the soil, water resources and to the growing crop. Thus, control measures should be adopted as soon as *P. juliflora* is detected in an area.

Although *C. madagascariensis* is also highly allelopathic (Figures 1, 2A and 2B), the extract had no significant effect on seedling length and dry mass (Table 2). In contrast, Araújo *et al.* (2017) found that *C. madagascariensis* extracts did not affect the percentage and germination rate of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, but negatively affected seedling growth.

Thus, the allelopathic effects, by impacting both crambe seed germination and the development of subsequent seedlings, could lead to serious economic losses in any crop area. Further studies could determine which substances have a direct effect on seed germination and seedling growth, so that they can be used for other purposes, such as in the control of invasive plants (SANTOS *et al.*, 2012).

CONCLUSIONS

Aqueous extracts of *Azadirachta indica*, *C. madagascariensis* and *P. juliflora* negatively affect crambe seeds growth and development;

Crambe seeds are more sensitive to the allelopathic effects of *C. madagascariensis* than those from the other two plants tested.

Segundo Samuel *et al.* (2012), a *P. juliflora*, além da alelopatia que é considerada drástica pelos seus aleloquímicos, existem outros agravantes que a espécie causa com sua invasão, entre eles, cita-se, redução do lençol freático e sombreamento. A invasão biológica dessa espécie em áreas de culturas pode ocasionar grandes prejuízos para o solo, recursos hídricos e para a cultura em desenvolvimento. Assim, medidas de controle devem ser adotadas logo que detectada sua entrada na região.

A *C. madagascariensis* apesar de ter sido altamente alelopática (Figuras 1; 2A e 2B), o extrato não teve efeito significativo sobre o comprimento e massa seca das plântulas (Tabela 2). Diferentemente, Araújo *et al.* (2017) verificaram que os extratos de *C. madagascariensis* não afetaram a porcentagem e a velocidade de germinação de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth, porém, afetaram negativamente o crescimento das plântulas.

Assim, os efeitos alelopáticos, relativos à germinação das sementes e ao desenvolvimento das plântulas de crambe, podem vir a ocasionar sérios prejuízos econômicos em área de cultivo. Contudo, podem ser realizados mais estudos a fim de determinar quais substâncias possuem efeito direto na formação das plântulas e germinação de sementes, para assim serem utilizadas com outros objetivos, como, por exemplo, no controle de plantas invasoras (SANTOS *et al.*, 2012).

CONCLUSÕES

Os extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *C. madagascariensis* e *P. juliflora* afetam negativamente as sementes de crambe;

As sementes de crambe são mais sensíveis aos efeitos alelopáticos de *C. madagascariensis*.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

ALBUQUERQUE, M. B; GARCIA NETO, S; ALMEIDA, D. J; MALTA, A. O. Efeito do extrato aquoso das folhas de nim indiano (*Azadirachta indica*) sobre o crescimento inicial de plantas daninhas. **Gaia Scientia**. 2015;9:1:1-6. doi.org/10.21707/gaia.v9i1.19211

ALMEIDA, W. R; LOPES, A. V; TABARELLI, M; LEAL, I. R. The alien flora of Brazilian Caatinga: deliberate introductions expand the contingent of potential invaders. **Biological Invasions**. 2014;17:1:51-56. doi:10.1007/s10530-014-0738-6

ARAÚJO, H. T. N; BRITO, S. F; PINHEIRO, C. L; FILHO, S. M. A alelopatia aumenta o potencial invasor de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne.? **Centro Científico Conhecer**. 2017;14:25:1-12. doi:10.18677/EnciBio_2017A1

COSTA, E. M; TORRES, S. B; FERREIRA, R. R; SILVA, F. G; ARAÚJO, E. L. Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Ciências Agronômica**. 2016;47:2:401. < <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3400/1357>>

CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A.; ROSSI, E.; NADALETI, W. C.; ANTONELLI, J. Cultivo do Crambe: potencial para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. 2012;2:11-22. doi:10.5380/rber.v2i1.33797

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**. 2011;6:2:36-41. < <http://www.dex.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/art63.pdf>>

- FERREIRA, A. G; BORGUETTI, F. Germinação do básico ao aplicado. 2ª ed. Porto Alegre. Ed.Artmed. 323 p. 2004
- GIORIA, M; OSBORNE, B. A. Resource competition in plant invasions: emerging patterns and research needs. **Functional Plant Ecology**. 2014;5:1-21. doi: 10.3389/fpls.2014.00501
- HIERRO, J. L; CALLAWAY, R. M. Allelopathy and exotic plant invasion. **Plant and Soil**. 2003;256:1:29-39. doi:10.1023/A:102620832
- NAGÃO, E. O; INNECCO, R; MATTOS, S. H; MARCO, C. A. Influência do período de secagem nas estações secas e chuvosas no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Br., nas condições do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**. 2005;36:1:53-59. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/7>>
- NASCIMENTO, C. E. S; TABARELLI, M; SILVA, C. A; LEAL, I. R; SOUZA, T. W; SERRÃO, J. E; ZANUNCIO, J. C. The introduced tree *Prosopis juliflora* is a serious threat to native species of the Brazilian Caatinga vegetation. **Science of the Total Environment**. 2014;481:408-113. doi: 10.1016/j.scitotenv
- NEGI, A; BATISH, D. R; SINGH, H. P; KOHLI, R. K. Allelopathic Effect of Leaves of Invasive tree *Broussonetia papyrifera* against some crop plants. **Annals of Plant Sciences**. 2016;5:1:1261-1264. doi:10.21746/aps.2016.01.003
- RICKLI, H. C; FORTES, A. M. T; SILVA, P. S. S; PILATTI, D. M; HUTT, D. R. Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica* A. Juss. em alface, soja, milho, feijão e picão-preto. **Ciências Agrárias**. 2011;32:2:473-484. doi:10.5433/1679-0359.2011v32n2p473
- SANTOS, J. P; DIODATO, M. A. Análise da invasão de *Prosopis juliflora* (SW). D.C. na caatinga, município de Fernando Pedroza, Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semiárido**. 2016;12:1:01-09. <<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/596/pdf>>
- SANTOS, I. L. V. L, SILVA, C. R. C, S. L DOS SANTOS, MAIA, M. M. D. Sorgoleone: benzoquinona lipídica de sorgo com efeitos alelopáticos na agricultura como herbicida. **Arquivo do Instituto Biológico**. 2012;79:1:135-144. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aib/v79n1/a20v79n1.pdf>>
- SAMUEL, G; SEBSEBE, D; TADESSE, W. Allelopathic effects of the invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. on selected native plant species in Middle Awash, Southern Afar Rift of Ethiopia. **J Management of Biological Invasions**. 2012;3:2:105-114. doi:10.3391/mbi.2012.3.2.05
- SILVA, O. S. S. Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. **Biotemas**. 2012;25:3:65-74. doi:10.5007/2175-7925.2012v25n3p65
- Silva, ARA; Bezerra, FML; Freitas, CAS; Amorim, AV; Carvalho, LCC; Filho, JVP. Coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico para a cultura do girassol nas condições do semiárido Cearense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. 2014;8:1:38-51. doi: 10.7127/rbai.v8n100185
- SOUZA, T. A. F. Could biological invasion by *Cryptostegia madagascariensis* alter the composition of the arbuscular mycorrhizal fungal community in semi-arid Brazil. **Acta Botânica Brasileira**. 2016;30:1:93-101. doi: 10.1590/0102-33062015abb0190