



Potencial alelopático de extratos de plantas de cobertura na germinação e crescimento inicial de beterraba

Flavia Bedin^a, Vanessa Neumann Silva^{a*}

^a Universidade Federal da Fronteira Sul, Brazil

* Autor correspondente (vanessa.neumann@uffs.edu.br)

INFO

Keywords

allelopathy
vetch
ryegrass
rye

ABSTRACT

Allelopathic potential of cover crops extracts on beet germination and initial growth

Allelopathy is a biological phenomenon that can have practical application in the management of weeds in agricultural production systems; however, cultivated plants can also suffer the effects of allelopathic compounds. The objective of this research was to verify the allelopathic potential of cover crops extracts on the germination and growth of beet seedlings. The research was carried out in a completely randomized design in a 2×4 factorial scheme (development stage × extract concentrations). The cover crops used were: vetch, ryegrass and rye. For both cover species, plants were collected and extracts prepared with plants in vegetative and reproductive stages. The variables analyzed were: germination speed index, germination, shoot and root length and shoot and root dry mass of seedlings. Data were submitted to analysis of variance, comparison of means by Tukey's test ($p < 0.05$) for the cover plant stage factor and regression analysis for the extract concentration factor. Rye, ryegrass and vetch extracts interfere with the germination and growth of beet seedlings. The effects vary depending on the concentration and stage of development of the plant used to prepare the extract. Overall, few inhibitory effects were observed.

RESUMO

A alelopatia é um fenômeno biológico que pode ter aplicação prática no manejo de plantas daninhas em sistemas de produção agrícola; contudo, plantas cultivadas também podem sofrer efeitos de compostos alelopáticos. O objetivo dessa pesquisa foi verificar o potencial alelopático de extratos de plantas de cobertura na germinação e crescimento de plântulas de beterraba. A pesquisa foi realizada em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×4 (estádio de desenvolvimento × concentrações dos extratos). As plantas de cobertura utilizadas foram: ervilhaca, azevém e centeio. Para ambas as espécies de cobertura as plantas foram coletadas e os extratos preparados com plantas em estágio vegetativo e reprodutivo. As variáveis analisadas foram: índice de velocidade de germinação, germinação, comprimento de parte aérea e de raiz e massa seca de parte aérea e de raiz de plântulas. Os dados foram submetidos a análise de variância, comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para o fator estágio da planta de cobertura e análise de regressão para o fator concentração do extrato. Os extratos de centeio, azevém e ervilhaca interferem na germinação e crescimento de plântulas de beterraba. Os efeitos são variáveis em função da concentração e do estágio de desenvolvimento da planta utilizada para elaboração do extrato. De forma geral, poucos efeitos inibitórios foram observados.

Palavras-chaves

alelopatia
ervilhaca
azevém
centeio

Received 01 November 2022; Received in revised from 01 Dezember 2022; Accepted 06 Dezember 2022



INTRODUÇÃO

Em comunidades vegetais é muito comum que haja interações entre as espécies. A alelopatia é um exemplo desse tipo de relação, podendo ser definida com um fenômeno bioquímico de interações químicas entre plantas através da liberação de metabólitos secundários no meio ambiente (Scavo e Mauromicale, 2021).

Muitas espécies já foram relatadas na literatura como produtoras de compostos alelopáticos. Dentre estas, estão várias espécies que são utilizadas como plantas de cobertura, como o centeio (Chehade et al., 2021; Boselli et al., 2021; Shekoofa et al., 2020), azevém (Vitalini et al., 2020), e ervilhaca (Ladhari et al., 2018). O uso de plantas de cobertura é uma ferramenta essencial em agroecossistemas para reduzir a dependência de insumos sintéticos e riscos ambientais associados; além de seus benefícios para a fertilidade do solo, as plantas de cobertura podem controlar plantas daninhas por seus atributos competitivos e alelopáticos (Chehade et al., 2021).

Entretanto, os compostos alelopáticos que auxiliam no controle de plantas daninhas, podem prejudicar a germinação e o desenvolvimento de plantas cultivadas; exemplos já foram descritos na literatura para diversas espécies, como alface (Ladhari et al., 2018), tomate (Arruda e Silva, 2022), cebola (Alves et al., 2021), entre outras.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi verificar se extratos de azevém, centeio e ervilhaca causam efeitos alelopáticos e interferência na germinação e crescimento de plântulas de beterraba.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos extratos, as plantas de coberturas (azevém, centeio e ervilhaca) foram cultivadas em área agrícola, localizada no município de Ipumirim - SC, e semeadas de acordo com a época indicada para a região (mês de maio) e com espaçamento indicado para cada cultura em uma área de 4 m² para cada. Após atingirem estádios vegetativos e reprodutivos foram coletadas 15 plantas em cada estádio de desenvolvimento; ambas foram guardadas em sacolas plásticas e colocadas em congelador para posterior elaboração dos extratos de planta inteira (parte aérea e raiz) em laboratório.

O experimento foi implantado em laboratório, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 × 4 (estádios de desenvolvimento da planta × concentração do extrato) para cada espécie de planta de cobertura separadamente. Foram utilizadas sementes de beterraba da cultivar Maravilha.

Para a elaboração dos extratos a metodologia utilizada foi baseada em Mohammadi et al. (2016).

Primeiramente foi descongelado o material vegetal em temperatura ambiente num período de 24 horas, para então pesar-se 100 g de planta, que foi submetida à secagem em estufa de circulação de ar forçado com temperatura de 65 °C por um período também de 24 horas; após essa etapa, o material foi triturado e adicionado 1L de água destilada em um becker; posteriormente mantido repouso por 24 horas; por fim realizou-se filtragem e diluição das concentrações. A concentração 100% corresponde a sem diluição, já as demais foram diluídas com 750 mL de água destilada para 25% e 500 mL para 50%. Ambas foram diluídas de 250 mL de extrato com concentração de 100%.

Após a finalização dos extratos, as sementes de beterraba foram expostas aos tratamentos nos testes de germinação e crescimento de plântulas, conforme metodologia descrita a seguir.

Teste de germinação

A avaliação do teste foi realizada de acordo com as especificidades estabelecidas na metodologia de regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009) aos quatro e 14 DAS (dias após a semeadura). Diariamente foram contabilizadas as sementes germinadas, e o cálculo da velocidade foi realizado conforme a fórmula descrita por Maguire (1962).

Comprimento de parte aérea e de raízes de plântulas

Ao final do teste de germinação, foi realizado o procedimento de medição do comprimento da plântula; foram retiradas aleatoriamente 20 plântulas normais de cada repetição, medidas com régua graduada, expressando-se os resultados em centímetros (Nakagawa, 1999).

Massa seca de plântulas

Após a determinação de comprimento, as plântulas foram separadas em parte aérea e raízes, e colocadas em embalagens distintas (sacos de papel) e encaminhadas para secagem em estufa de ar forçado regulada a 65 °C por 72 horas; posteriormente realizada a pesagem e a determinação da massa seca, expressa em grama (Nakagawa, 1999).

Os resultados foram submetidos a análise de variância, comparação de médias, pelo teste de Tukey para o fator estádio das plantas quando colhidas (vegetativo e reprodutivo) e análise de regressão para o fator concentração dos extratos ($p < 0,05$) no programa Sisvar (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos dos extratos de centeio

Foram observados efeitos dos extratos na porcentagem de germinação de sementes de

beterraba (Figura 1), sem diferenças em relação ao estágio de desenvolvimento da planta de centeio, utilizada na elaboração do extrato. Entretanto, não observou-se efeitos dos extratos de centeio na velocidade de germinação (Tabela 1).

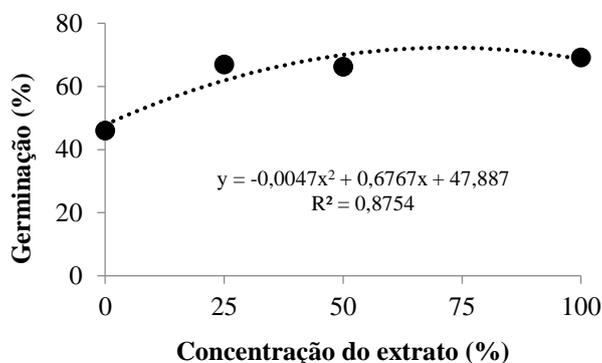


Figura 1 - Valores médios de germinação de sementes de beterraba expostas a extratos de plantas de centeio em diferentes concentrações.

Table 1 - Valores médios de índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de beterraba expostas a extratos de plantas de centeio colhidas em estágio vegetativo e reprodutivo.

Estádio de desenvolvimento da planta	Concentração do extrato (%)			
	0	25	50	100
	IVG			
Vegetativo	72,37 ^{ns}	73,08	72,36	71,66
Reprodutivo	73,44	70,12	72,27	67,6
CV (%)	5,00			

ns: não significativo ($p < 0,05$).

Os extratos avaliados de centeio não apresentaram caráter inibitório de germinação e velocidade de germinação, promovendo o maior aumento da porcentagem de germinação na concentração estimada de 83,7% (Figura 1). É possível que os compostos presentes no extrato tenham efeito positivo na germinação de sementes de beterraba. Guimire et al. (2019) estudando o efeito alelopático de compostos fenólicos presentes em plantas de diferentes cultivares de centeio, produzidas na Coreia do Sul, verificaram a presença de diversos compostos, sendo os principais os ácidos salicílico, vanílico, cumárico, síringico e ferúlico, e que a concentração entre estes era bastante variável em função da cultivar testada.

O ácido salicílico atua de forma interativa com outros hormônios vegetais, e pode estimular a germinação de sementes por atuar na regulação enzimática (Arif et al., 2020).

Para o crescimento de plântulas de beterraba houve diferença entre os extratos de centeio; para comprimento de parte aérea observou-se resposta quadrática com efeito de incremento no crescimento na concentração estimada de 70% e 19,5% com os extratos de plantas em estágio vegetativo e reprodutivo, respectivamente (Figura 2A).

Para o crescimento de raízes observou-se resposta quadrática, para ambos extratos, com efeitos positivos na dose estimada de 43%, para extrato de planta em estágio reprodutivo, com redução em níveis maiores (Figura 2B), já para o extrato de planta em estágio vegetativo, também houve efeito positivo, com o aumento da concentração, e maior valor médio na concentração de 100%.

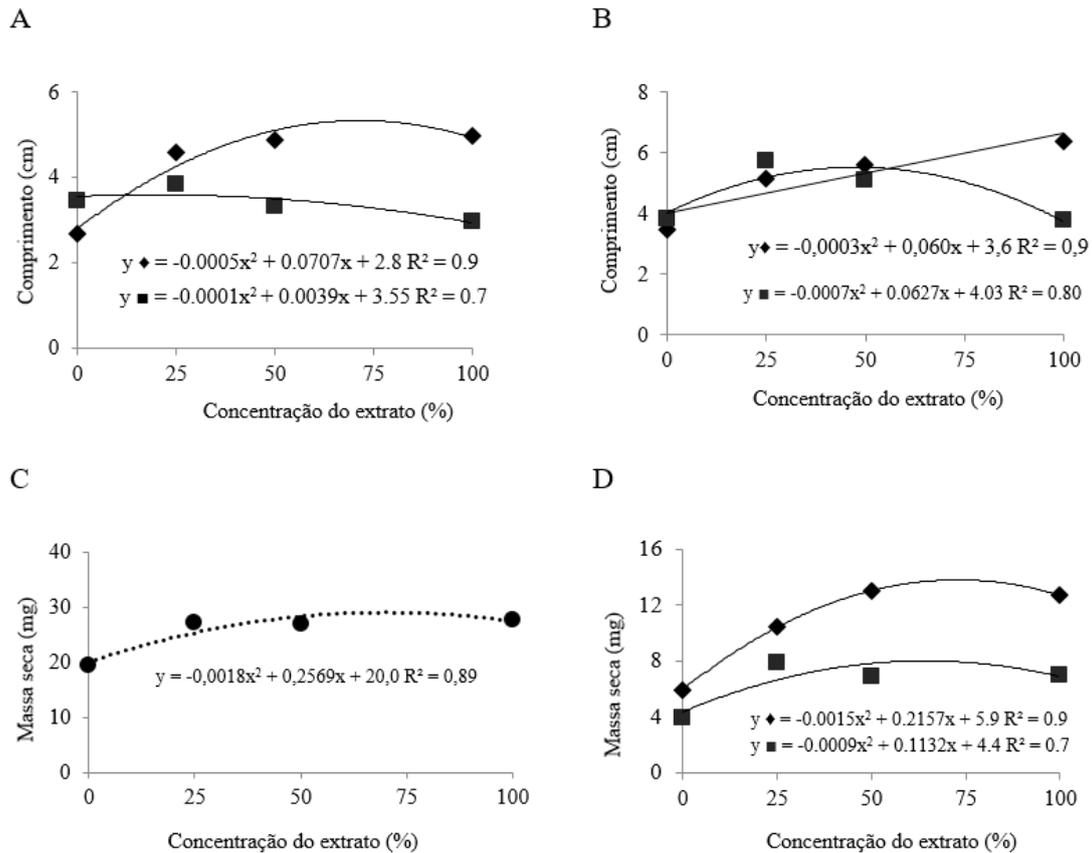


Figura 02 - Valores médios de comprimento de parte aérea (A) e de raízes (B), massa seca de parte aérea (C) e de raízes (D) de plântulas de beterraba, expostas a diferentes concentrações de extratos de plantas de centeio colhidas em estágio vegetativo (◆) e reprodutivo (■).

Quanto ao acúmulo de biomassa em plântulas de beterraba, observou-se que não houve diferença estatística entre os estádios de desenvolvimento de plantas de centeio para massa de parte aérea de plântulas, porém, houve efeitos para massa de raízes (Figuras 2C e 2D); em ambas variáveis houve comportamento quadrático, com incremento até a concentração de 50%, e redução em níveis mais elevados.

O maior crescimento de plântulas em função da exposição à extratos vegetais podem estar associados a presença de compostos fenólicos nos extratos, os quais podem estimular o crescimento de plântulas. Percebe-se também que as diferenças em relação aos efeitos de extratos de plantas colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento podem estar relacionadas com a síntese de metabólitos secundários na planta. Carlsen et al. (2009) verificaram que as concentrações de metabólitos secundários em 13 cultivares de centeio, produzidas na Dinamarca, não dependiam apenas da parte da planta coletada, mas também da localização geográfica,

provavelmente em função das condições de ambiente as quais as plantas foram expostas. Weidner et al. (2000) observaram, em grãos de centeio, que a maior concentração de compostos fenólicos ocorreu em grãos na fase inicial de maturação (22 dias após a antese); dentre os principais compostos encontrados estavam os ácidos coumárico e ferúlico. Nkomo et al. (2019) verificaram que a aplicação exógena de ácido coumárico melhorou o crescimento de plântulas de *Salvia hispânica*, aumentando significativamente o comprimento da parte aérea e da massa fresca e seca de plântulas.

Efeitos dos extratos de azevém

Em relação aos extratos de azevém, observou-se efeitos das concentrações, sem diferenças em relação ao estágio de desenvolvimento da planta, para germinação de sementes de beterraba (Figura 3), e sem efeitos na velocidade de germinação (Tabela 2).

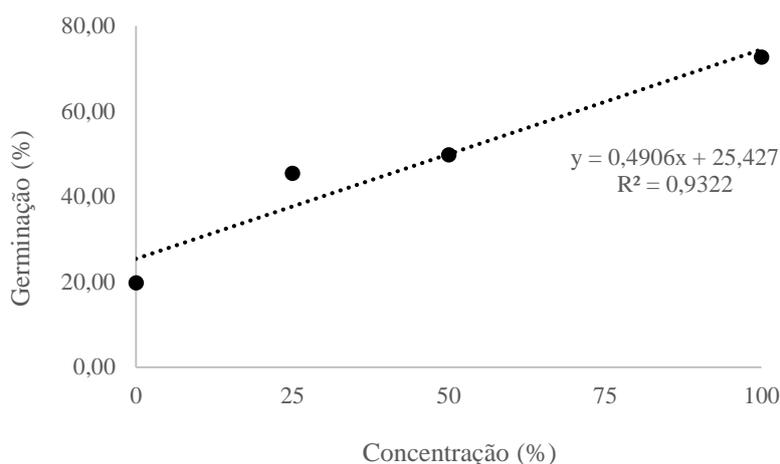


Figura 3 - Valores médios de germinação de sementes de beterraba expostas aos extratos de plantas de azevém (média entre valores do estágio vegetativo e reprodutivo).

Table 2 - Valores médios de índice de velocidade de germinação de sementes de beterraba expostas aos extratos de plantas de azevém colhidas em estágio vegetativo e reprodutivo.

Estádio de desenvolvimento da planta	Concentração do extrato (%)			
	0	25	50	100
	IVG			
Vegetativo	66,11 ^{ns}	69,62	68,58	69,90
Reprodutivo	70,48	72,22	72,59	72,71
CV (%)	5,08			

ns: não significativo ($p < 0,05$).

A porcentagem de germinação de sementes de beterraba foi incrementada pelo aumento da concentração do extrato de azevém de forma linear, havendo portanto efeito benéfico do extrato. Kuppussamy et al. (2018) encontraram 13 compostos, incluindo sete ácidos fenólicos e seis flavonóides, em plantas de azevém, pelo método de HPLC; dentre os compostos encontrados estavam: ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-coumarico, ácido clorogênico, ácido benzoico, propil galato, catequina, luteolina, kaempferol, vitexina, narcisoide e myrcitina. Vários desses compostos citados já foram identificados, em outras pesquisas, como potencializadores de germinação. Chen et al. (2017) observaram que os ácidos ferúlico e p-coumarico são os compostos mais abundantes em sementes de trigo em fase de germinação. Em sementes de grão de bico, durante a germinação, observou-se aumento nos níveis de ácidos ferúlico e coumárico (Dominguez-Arispuero et al., 2017); desta forma, é possível que os aumentos da germinação de sementes de beterraba observados em função das maiores concentrações do extrato de

azevém possam estar associados a presença de compostos fenólicos.

Em relação ao crescimento de plântulas, observou-se diferenças entre os estádios de desenvolvimento das plantas e as concentrações dos extratos de azevém, com pequena redução de crescimento, em função do aumento da concentração, de parte aérea de plântulas de beterraba, em extrato de planta em estágio reprodutivo (Figura 4A); entretanto, de forma geral, observou-se efeitos positivos dos extratos, com maior comprimento de parte aérea e de raízes de plântulas (Figura 4A e 4B) em função da maior concentração do extrato. Já para massa seca de plântulas, observou-se resultados semelhantes para parte aérea e raízes, com efeitos estimulatórios até a concentração de 50%, e inibitórios em maiores níveis, para extrato de planta em estágio vegetativo, e redução do acúmulo de biomassa de parte aérea e de raízes para plântulas expostas a extratos de plantas de azevém em período reprodutivo.

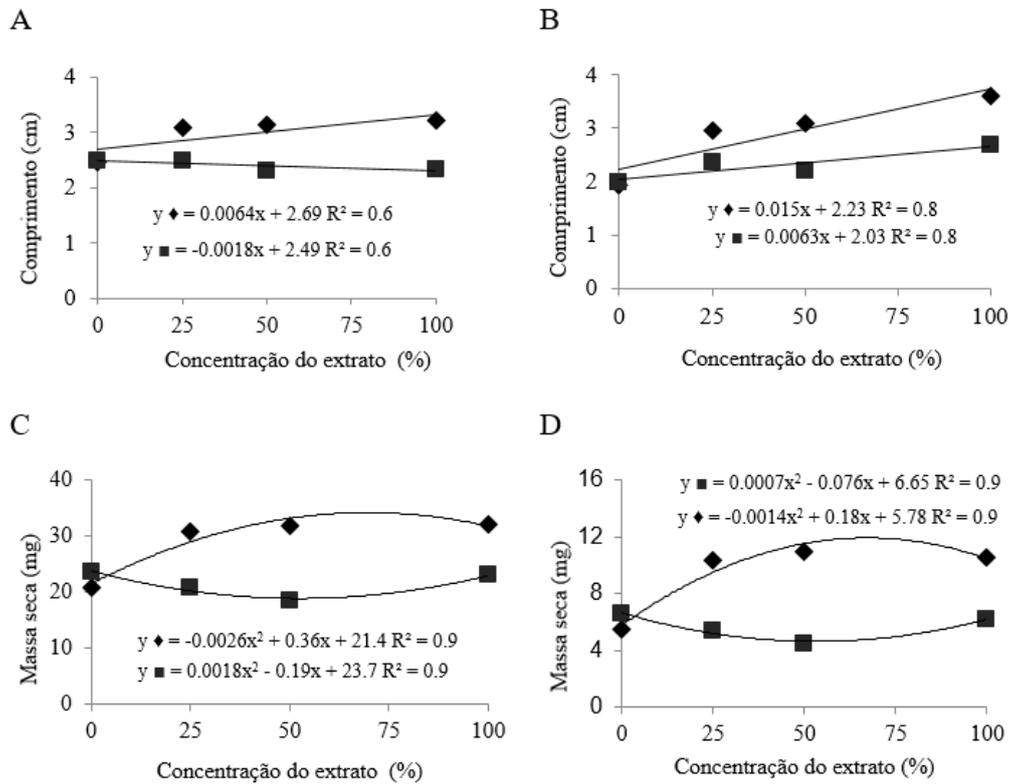


Figura 4 - Valores médios de comprimento de parte aérea (A) e de raízes (B), e de massa seca de parte aérea (c) e de raízes (D) de plântulas de beterraba expostas aos extratos de plantas de azevém colhidas em estágio vegetativo (◆) e reprodutivo (■).

Resultados para extratos de ervilhaca

Foram observados efeitos dos extratos de ervilhaca na germinação de sementes de beterraba, tanto para estádios de desenvolvimento da planta, quanto para concentração do extrato (Figura 5), o extrato de ervilhaca de planta em estágio vegetativo proporcionou aumento na porcentagem de germinação de sementes de beterraba, com melhor

resposta na concentração estimada de 82%; já o extrato de planta em estágio reprodutivo teve efeitos variados, com aumento da germinação na concentração de 50% e posterior queda, reduzindo em mais de 50% a capacidade de germinação das sementes de beterraba, em sua maior concentração (100%).

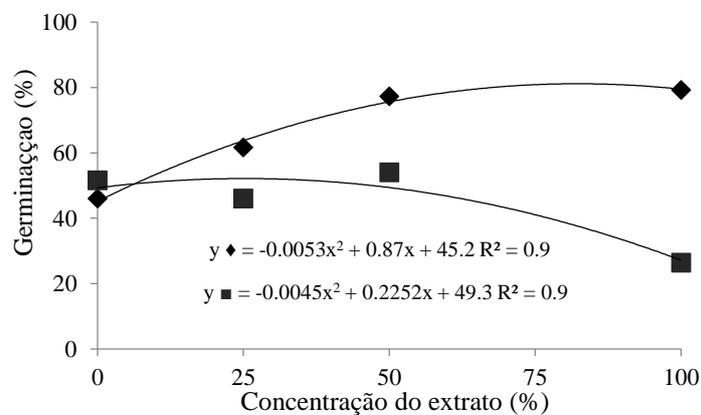


Figura 5 - Valores médios de germinação de sementes de beterraba expostas aos extratos de plantas de ervilhaca colhidas em estágio vegetativo (◆) e reprodutivo (■).

Quanto ao índice de velocidade de germinação, observou-se diferença entre os estádios de desenvolvimento apenas no tratamento controle, com efeito inibitório do extrato de planta de ervilhaca do estádio vegetativo (Tabela 3) já o

efeito de concentração foi observado apenas em extratos de plantas de estádio reprodutivo, com aumento da germinação em maiores níveis (Figura 6).

Table 3 - Valores médios de índice de velocidade de germinação de sementes de beterraba expostas aos extratos de plantas de ervilhaca colhidas em estádio vegetativo e reprodutivo.

Estádio de desenvolvimento da planta	Concentração do extrato (%)			
	0	25	50	100
IVG				
Vegetativo	69,23 a*	67,59 a	70,89 a	70,28 a
Reprodutivo	58,09 b	65,11 a	70,22 a	71,17 a
CV (%)	5,08			

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

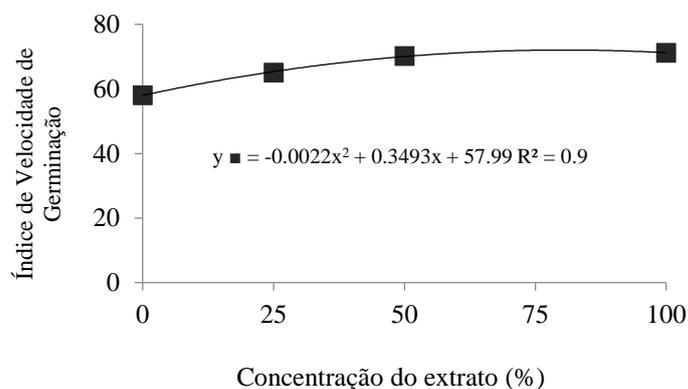


Figura 6 - Valores médios do índice de velocidade germinação de sementes de beterraba expostas ao extrato de plantas de ervilhaca colhidas em estádio reprodutivo (■).

Quanto ao crescimento de plântulas, houve efeito benéfico dos extratos no comprimento de parte aérea de plântulas, com maior crescimento nas concentrações de 45% e 70% para extratos de planta em período vegetativo e reprodutivo, respectivamente (Figura 7A). De forma semelhante, os extratos de ervilhaca promoveram maior crescimento das raízes de plântulas de beterraba, com efeito linear crescente para extrato de planta em estádio vegetativo e quadrático para extrato de planta em estádio reprodutivo até a concentração estimada de 33,3%; em níveis mais altos de concentração, para este último, ocorreu

redução do crescimento de raízes de plântulas de beterraba (Figura 7B).

Em relação ao acúmulo de massa seca de plântulas, apenas o extrato de ervilhaca de planta em estádio reprodutivo causou efeito de redução linear para parte aérea de plântulas (Figura 7C); para o extrato de planta em estádio vegetativo houve maior efeito estimulatório na concentração de 62,5%. Para massa seca de raízes ocorreu efeito benéfico dos extratos, com melhor resposta nas concentrações estimadas de 75% e de 33% para extratos de planta em período vegetativo e reprodutivo, respectivamente (Figura 7D).

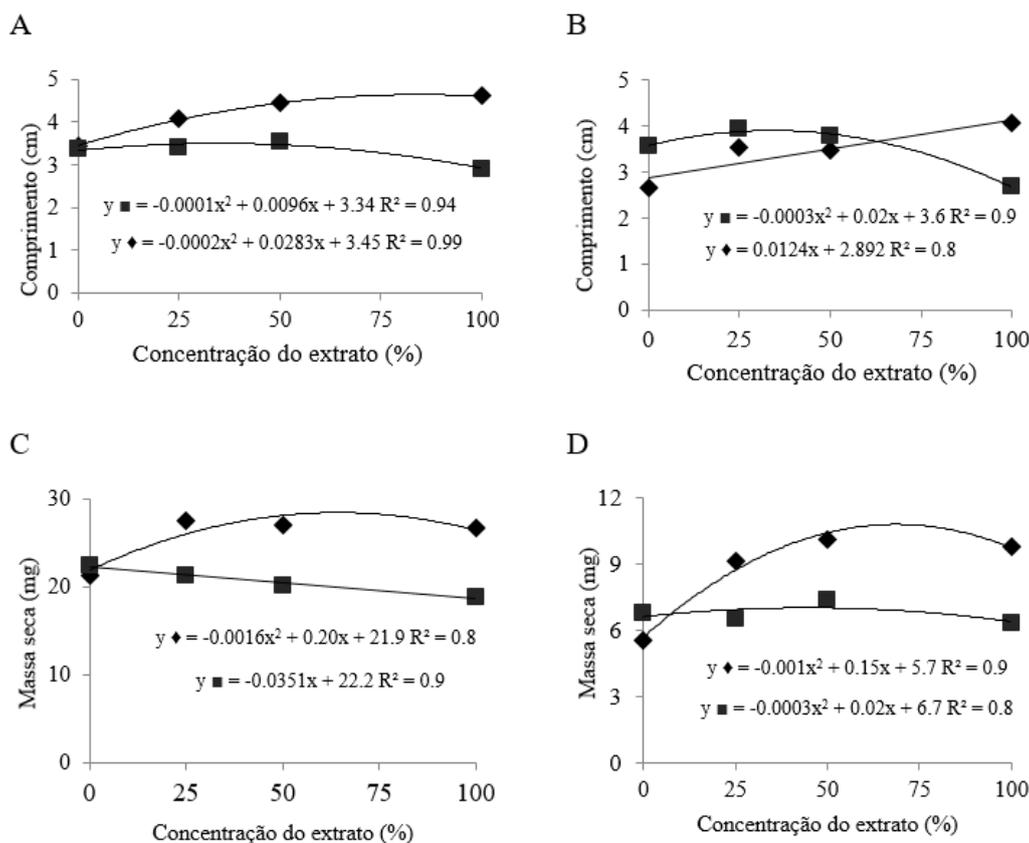


Figura 07 - Valores médios de comprimento de parte aérea (A) de raízes (B), e de massa seca de parte aérea (C) e de raízes (D) de plântulas de beterraba expostas a diferentes concentrações de extratos de plantas de ervilhaca colhidas em estágio vegetativo (◆) e reprodutivo (■).

Geddes et al. (2015) avaliando o potencial alelopático de ervilhaca (*Vicia villosa*) em trigo, canola, aveia selvagem (*Avena fátua*), ançarinha branca (*Chenopodium álbum*), e grama vermelha (*Kochia scoparia*), observaram efeitos da estimulação do alongamento da radícula em plântulas de aveia selvagem (*Avena fatua*) e concluíram que existe a possibilidade de utilização de alelopátia para promoção de crescimento para determinadas espécies. Reginatto et al. (2020) identificaram que plantas de ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) em estágio reprodutivo produzem algumas substâncias alelopáticas como: ácido benzoico (pode interferir a absorção de nutrientes, redução do grupo sulfidrila e consequentemente peroxidação lipídica), ácido p-cumárico (reduz a condutividade da água, aumento de níveis de ácido abscísico, reduz transpiração), ácido p-hidroxibenzóico, ácido fenilacético e ácido propiônico 3 (4-hidroxifenil).

Em síntese, pode-se afirmar que para o experimento com extratos de centeio, conclui-se que não há diferenças nas respostas de índice de velocidade de germinação, porcentagem de germinação e massa seca de parte aérea de plântulas

de beterraba em função do estágio (vegetativo ou reprodutivo) da planta utilizada para elaboração do extrato. Para comprimento de parte aérea e massa seca de raízes de plântulas de beterraba os extratos de planta em estágio reprodutivo tiveram maior impacto, reduzindo os valores médios; já para comprimento de raízes de plântulas de beterraba, os extratos de planta em estágio vegetativo tiveram maior impacto, reduzindo os valores médios.

Em relação a concentração dos extratos, a germinação de sementes foi máxima com extrato na concentração de 83,7%, independentemente do estágio de desenvolvimento da planta usada para preparo do extrato. Para crescimento de plântulas, as concentrações de 70% e 19,5% proporcionam o maior comprimento da parte aérea de plântulas de beterraba, de extratos de planta em estágio vegetativo e reprodutivo, respectivamente. Para comprimento de raízes, o maior efeito observado é com extratos de planta colhidas no período reprodutivo na concentração de 43%, para plantas em estágio reprodutivo há um aumento linear da variável. Para massa seca de raízes e de parte aérea de plântulas de beterraba, extratos com concentração de 50% proporcionam maior acúmulo

de biomassa, com redução em níveis maiores.

Para o experimento com extratos de azevém o estágio da planta (vegetativo ou reprodutivo) não interfere no potencial alelopático na germinação de sementes de beterraba (índice de velocidade e porcentagem final); entretanto, observou-se efeito de aumento linear da germinação em função da concentração do extrato. Para as variáveis de crescimento de plântulas (comprimento e massa seca de parte aérea e raízes) observou-se de maneira geral efeitos estimulantes dos extratos, com maiores médias no extrato de planta colhida em estágio vegetativo, e com tendência ao aumento dos valores em função do aumento da concentração.

Para o experimento com extratos de ervilhaca os estádios de desenvolvimento da planta não influenciaram na germinação de sementes de beterraba, contudo, o fator concentração foi significativo, aumentando-se linearmente os valores médios da germinação de sementes de beterraba em função das maiores concentrações do extrato. Para as variáveis de comprimento de plântulas, houve efeito benéfico dos extratos, com aumento linear do comprimento de raízes em função da maior concentração do extrato; já para comprimento de parte aérea, as concentrações de 45% e 70%, de extrato de planta em período vegetativo e reprodutivo, respectivamente, proporcionaram as melhores médias. O maior acúmulo de massa seca de parte aérea de plântulas foi observado no extrato de plantas em período vegetativo com 62,5% de concentração; já quando o extrato era de planta em estágio reprodutivo, houve redução linear das médias dessa variável, com o aumento da concentração. Para massa seca de raízes de plântulas de beterraba os extratos com 75% e 33%, estádios vegetativo e reprodutivo, respectivamente, proporcionaram maiores médias.

CONCLUSÕES

O extrato de centeio interfere na germinação e crescimento de plântulas de beterraba. Os efeitos são variáveis em função da concentração e do estágio de desenvolvimento da planta utilizada para elaboração do extrato. Poucos efeitos inibitórios foram observados.

O extrato de azevém interfere na germinação e crescimento de plântulas de beterraba. Os efeitos são variáveis em função da concentração e do estágio de desenvolvimento da planta utilizada para elaboração do extrato. De forma geral, poucos efeitos inibitórios foram observados, e os efeitos estimulantes foram maiores quando o extrato foi preparado com plantas em estágio vegetativo.

O extrato de ervilhaca interfere na germinação e

crescimento de plântulas de beterraba. O extrato de planta em estágio vegetativo na concentração de 82% promove a maior germinação de sementes de beterraba, contudo, quando o extrato é de uma planta colhida em reprodutivo, concentrações maiores que 50% causam redução da germinação de beterraba. Concentrações variadas entre 33 e 75% causam incrementos no crescimento de plântulas de beterraba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arif Y, Sami F, Siddiqui H, Bajguz A, Hayat S. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. *Environmental and Experimental Botany*, v.175, p.1-19, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104040>
- Alves JAV, Martínez JJO, Cunha JPR. Direct sowing of onion (*Allium cepa*) over cover crops with different lengths of the chemical fallow. *Acta Agronómica*, v.70, n.3, p. 1-23, 2021. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.81515>
- Arruda AGM, Silva VN. Efeito alelopático de extratos de *Crotalariae* Milheto em sementes de tomate. *Revista Fitos*, v.16, n.3, p.1-9, 2022. <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2022.1402>
- Boselli R, Anders N, Fiorini A, Ganimede C, Faccini N, Marocco A, Schulz M, Tabaglio V. Improving weed control in sustainable agro-ecosystems: Role of cultivar and termination timing of rye cover. *Italian Journal of Agronomy*, v.16, p.1-9, 2021. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1807>
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, 395p. 2009.
- Carlsen SCK, Kudske P, Lauersen B, Mathiassen SK, Mortensen AG, Fomsgaard IS. Allelochemicals in Rye (*Secale cereale* L.): Cultivar and Tissue Differences in the Production of Benzoxazinoids and Phenolic Acids. *Natural Product Communications*, v.4, n.2, p.199-208, 2009. <https://doi.org/10.1177/1934578X09000400206>
- Cehade LB, Puig CG, Souto C, Antici D, Mazzoncini M, Pedrol N. Rye (*Secale cereale* L.) and Squarrose clover (*Trifolium squarrosus* L.) cover crops can increase their allelopathic potential for weed control when used mixed as dead mulch. *Italian Journal of Agronomy*, v.16, p.1-36, 2021. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1869>
- Chen Z, Wang P, Weng Y, Ma Y, Gu Z, Yang R. Comparison of phenolic profiles, antioxidant capacity and relevant enzyme activity of different Chinese wheat varieties during germination. *Food Bioscience*, v.20, p.159-167, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.10.004>
- Dominguez-Arispuro DM, Cuevas-Rodríguez EO, Milán-Carillo J, León-Lopez L, Gutierrez-Dorado R, Reyes-Moreno C. Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, v.55, p.638-647, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2973-1>

- Ferreira DF. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- Geddes CM, Cavalieri A, Daayaf F, Gulden RH. The Allelopathic Potential of Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth.) Mulch. *American Journal of Plant Sciences*, v.6, n.16, p.2651-2663, 2015.
<http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.616267>
- Guimire BK, YU CY, Ghimire B, Seong ES, Chung IM. Allelopathic potential of phenolic compounds in *Secale cereale* cultivars and its relationship with seeding density. *Applied Science*, v.9, n.15, p.1-15, 2020.
<https://doi.org/10.3390/app9153072>
- Kuppussamy P, Lee KD, Song CE, Ilavenil S, Srigopalram S, Arasu MV, Choi KC. Quantification of major phenolic and flavonoid markers in forage crop *Lolium multiflorum* using HPLC-DAD. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 28, n.3, p. 282-288, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.03.006>
- Ladhari A, Romanucci V, De Marco A, Di Fabio G, Zarelli A. Phytotoxic effects of mediterranean plants extracts on lettuce, tomato and onion as possible additive in irrigation drips. *Allelopathy Journal*, v.44, n.2, p.233-244, 2018.
- Maguire JD. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.76-177, 1962.
- Mohammadi GR, Noroozi N, Nosratti, I. Germination and seedling growth of corn (*Zea mays*) and some weed species in response to treatment with common vetch (*Vicia sativa*) and rye (*Secale cereale*) extracts. *Philippine Journal of Crop Science*, v.42, p.83-87, 2016.
- Nakagawa J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB. (org.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999. p.1-24.
- Nkomo M, Gokul A, Keyster M, Klein A. Exogenous p-Coumaric acid improves *Salvia hispanica* L. seedling shoot growth. *Plants*, v.8, n.12, p.1-11, 2019.
<https://doi.org/10.3390/plants8120546>
- Scavo A, Mauromicale J. Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems: Knowing the present with a view to the future. *Agronomy*, v11, n.11, p.1-23, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112104>
- Shekoofa A, Safikhan S, Raper TB, Butler AS. Allelopathic impacts of cover crop species and termination timing on cotton germination and seedling growth. *Agronomy*, v.10, n.5, p.1-9, 2020.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10050638>
- Vitalini S, Orlando F, Palmioli A, Alali S, Airoidi C, De Noni I, Vaglia V, Bocchi S, Iriti M. Different phytotoxic effect of *Lolium multiflorum* Lam. leaves against *Echinochloa oryzoides* and *Oriza sativa*. *Environmental Science and Pollution Research*, v.27, p.33204-33214, 2020.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09573-8>
- Reginatto M, Bonome LTS, Giovanetti LK, Bittencourt HVH, Tormen L, Conceição, PC. Allelopathic potential from cover crops aqueous extract on weeds and maize. *Research, Society and Development*, v.9, n.10, p.1-22, 2020.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8579>
- Weidner S, Amarowickz R, Karamac M, Fraczek E. Changes in endogenous phenolic acids during development of *Secale cereale* caryopses and after dehydration treatment of unripe rye grains. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.38, n.7-8, p.595-602, 2000.
[https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00774-9](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00774-9)