

Efeito do extrato de algas no desempenho germinativo e crescimento radicular em sementes de feijão BRS Estilo em resposta a diferentes métodos de aplicação

 [Nair Hildelgard Soares dos Santos¹](#),  [Ana Clara Duarte Silveira¹](#),  [Valéria de Oliveira Fernandes¹](#)
e  [Levi Pompermayer Machado²](#)

Como citar: Santos, N.H.S., Silveira, A.C.D., Fernandes, V.O. & Machado L.P. 2021. Efeito do extrato de algas no desempenho germinativo e crescimento radicular em sementes de feijão BRS Estilo em resposta a diferentes métodos de aplicação. Hoehnea 48: e1002020. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-100/2020>

ABSTRACT - (Efeito do extrato de algas no desempenho germinativo e crescimento radicular em sementes de feijão BRS Estilo em resposta a diferentes métodos de aplicação). O potencial bioestimulante de extratos de algas representam uma oportunidade para ampliar a eficiência na produção de alimentos. As microalgas cultiváveis são candidatas viáveis em função da elevada capacidade de produção. Neste trabalho foi avaliada a composição química e efeito do extrato de microalga *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat e produto comercial AMPEP (Acadian Marine Plant Extract Powder) derivado da macroalga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. na germinação de sementes de feijão BRS Estilo. Os tratamentos analisaram a metodologia de exposição das sementes aos extratos: embebição por 5 horas (T1) e aplicações a cada 48 horas (T2). Os parâmetros avaliados foram: porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). Os valores de PG e IVG foram superiores no T2, representando cerca de 50% de rendimento maior que o T1. Em relação a composição química, o extrato de *Scenedesmus acuminatus* obteve maiores teores de proteínas e carboidratos. Dessa forma, *S. acuminatus* é potencial produtora de extratos bioestimulantes, enquanto feijão obteve menor desempenho germinativo quando submetido ao processo de embebição.

Keywords: *Ascophyllum nodosum*, bioestimulante, embebição, germinação, microalgas

RESUMO - (Effect of algae extract on germinative performance and root growth of BRS Estilo bean seeds in response to different application methods). The biostimulating potential of algae extracts represents an opportunity to increase efficiency in food production. Cultivable microalgae are viable candidates due to the high production capacity. In this work, the chemical composition and effect of the microalgae extract *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat and commercial product AMPEP (Acadian Marine Plant Extract Powder) derived from the macroalgae *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. on the germination of BRS Estilo bean seeds were evaluated. The treatments analyzed the methodology of exposure of seeds to extracts: soaking for 5 hours (T1) and applications every 48 hours (T2). The parameters evaluated were: germination percentage (PG), speed index (IVG) and mean germination time (TMG). The values of PG and IVG were higher in T2, representing about 50% higher yield than T1. In relation to chemical composition, *Scenedesmus acuminatus* extract obtained higher levels of proteins and carbohydrates. Thus, *S. acuminatus* is a potential producer of biostimulant extracts, while beans obtained lower germinative performance when submitted to the soaking process.

Palavras-chave: *Ascophyllum nodosum*, biostimulant, germination, microalgae, soaking

Introdução

Nos últimos anos tem sido observado crescente interesse em substâncias bioestimulantes naturais na agricultura (Craigie 2011), devido ao desafio de equilibrar o desenvolvimento tecnológico com a conservação ambiental, além da necessidade de melhorar a produtividade e qualidade das culturas e produtos derivados (Mógor *et al.* 2017, Navarro-López *et al.* 2020).

As definições clássicas consideram como bioestimulante qualquer substância de origem natural ou microrganismo capaz de melhorar a eficiência nutricional, a tolerância aos estresses abióticos e/ou a qualidade dos cultivos, independente do seu conteúdo nutricional (Du Jardin 2015). Desta forma, bioestimulantes foram classificados como produtos derivados de material orgânico que, aplicados em baixas doses à semente, colheita ou solo, são capazes de estimular o crescimento e desenvolvimento de várias culturas em condições ideais e estressantes (Yakhin *et al.* 2017).

1. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, 29075-910 Vitória, ES, Brasil
2. Universidade Estadual de São Paulo, Departamento de Engenharia de Pesca, Avenida Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupy, 11900-000 Registro, SP, Brasil
3. Autor para correspondência: nairh13@gmail.com

No âmbito legal, os bioestimulantes são qualificados como produtos que contém componentes ativos ou agentes biológicos capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, e que seja isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos, de acordo com a Instrução Normativa 64 de 18/12/2008 (MAPA 2008).

A aplicabilidade das algas à agricultura é conhecida desde que o melhoramento de plantas se tornou uma prática (Craigie 2011). São utilizadas nas formas secas ou de extratos, comercializadas a nível mundial como bioestimulantes e/ou como fertilizantes. No Brasil, assim como os aminoácidos e substâncias húmicas, estes produtos são considerados aditivos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), categorizados no grupo de compostos naturais e, tem seu uso aprovado em fertilizantes (Costa *et al.* 2014).

Atualmente, o interesse no uso de microalgas aumentou devido à sua versatilidade e potencial aplicação em diferentes setores, bem como bioestimulantes (Barone *et al.* 2017). E a utilização de extratos de algas vem ganhando popularidade devido ao seu potencial uso na agricultura orgânica e sustentável (Arioli *et al.* 2015). Na produção agrícola, microalgas contêm altos níveis de macronutrientes e micronutrientes, essenciais no processo de germinação e crescimento de plantas (Ronga *et al.* 2019). Ao contrário dos fertilizantes químicos, extratos derivados de algas podem apresentar maior biodegradabilidade sendo, desta forma, menos tóxicos e poluentes, e reduzindo riscos para o meio ambiente (Rathore *et al.* 2009).

Microalgas apresentam muitas vantagens em seu uso, tais como na remoção de matéria orgânica e demanda química de oxigênio no tratamento de efluentes, desintoxicação biológica e por ter uma composição química rica em proteínas, vitaminas, ácidos graxos poli-insaturados e pigmentos, sua biomassa pode ser utilizada em diversos setores. Com relação à fixação de CO₂, as microalgas, por seu aparato fotossintético, são capazes de fixar mais CO₂ que cultivos de plantas (Schmitz *et al.* 2012).

O efeito promotor do crescimento vegetal de produtos obtidos de algumas espécies de macroalgas marrons é bem conhecido. Entretanto, estudos da utilização da biomassa de microalgas cultiváveis como matéria prima para esse setor, ainda são escassos e em geral identificados em bioensaios (Mógor *et al.* 2018). O potencial das microalgas ainda é pouco desenvolvido no setor agrícola, bem como existe limitação quanto às evidências dos efeitos de extratos em culturas (Garcia-González & Sommerfeld 2016).

O feijão é considerado a segunda leguminosa mais importante no mundo, e umas das principais fontes alimentares na África, Índia e América Latina (Xu & Chang 2011). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de feijão, que se constitui no alimento proteico básico na dieta do brasileiro. Para atender a essa demanda, o feijão é plantado durante todo o ano, nos mais variados sistemas de cultivo (Cargnin & Albrecht 2010).

A produção de feijão é realizada por diversos tipos de produtores, em diversas regiões do país, utilizando diferentes níveis tecnológicos. Dentre estes produtores, a agricultura

familiar é apontada como a grande responsável pela produção de feijão no país, por isso com o objetivo de viabilizar a produção desse grão, atualmente estão sendo utilizadas técnicas para aplicação de bioestimulantes naturais na cultura do feijão (Silva & Wander 2013).

Embora o Brasil esteja entre os países principais produtores de feijão, a produtividade média nacional ainda é considerada baixa. Essa situação pode ser atribuída a alguns fatores, tais como: a alta incidência de doenças e pragas, baixa utilização de sementes certificadas, cultivo em condições climáticas adversas e de deficiências nutricionais (Souza *et al.* 2013). Além da melhoria de práticas culturais, uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental encontrada por pesquisadores é o desenvolvimento de cultivares superiores, mais resistentes a estresses bióticos e abióticos, mais produtivas e com melhor qualidade de grãos, além de adaptadas à colheita mecanizada. E com esse propósito foi desenvolvida um tipo de grão comercial, a cultivar carioca BRS Estilo, com destaque para seu alto potencial produtivo, além da resistência a oito patótipos do fungo causador de antracnose e ao mosaico-comum (Cargnin & Albrecht 2010).

A cultivar BRS Estilo é uma variedade de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca, desenvolvida pela Embrapa através do cruzamento de outras cinco cultivares, visando produzir cultivares de alto potencial produtivo e mais resistentes à doenças, de modo que possibilitem aos produtores ofertar um produto de melhor qualidade ao consumidor final e atingir melhores rendimentos com a cultura (Silva & Wander 2015).

A germinação das sementes é influenciada por diversos fatores, tais como temperatura, substrato, fotoperíodo e até mesmo a forma de aplicação dos bioestimulantes, seja via solo, sistemas de irrigação ou pulverização (Hong *et al.* 2007). Assim, o conhecimento das condições que proporcionam uma germinação uniforme das sementes, é extremamente útil para fins de semeadura, pois maximiza o crescimento e desenvolvimento das plântulas, resultando em plantas mais vigorosas e produtivas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos na germinação e crescimento de mudas em resposta a diferentes metodologias de aplicação dos extratos de microalgas cultivadas e produto comercial derivado de macroalga marinha em sementes de feijão BRS Estilo. Adicionalmente foram realizadas análises dos teores de proteínas e carboidratos solúveis totais nos extratos avaliados.

Material e métodos

A espécie de microalga *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat utilizada no experimento foi selecionada no banco de cultivo do Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais da Universidade Federal do Espírito Santo. A microalga foi cultivada durante 20 dias em condições ideais de temperatura, luminosidade e pH, sob temperatura de 25 °C, fotoperíodo de 12/12h (luz/escuro) com iluminância máxima de 40 μmol m⁻² s⁻¹ e pH de 7 ± 0,05.

Foram avaliados o AMPEP (Acadian Marine Plant Extract Powder), extrato comercial derivado da macroalga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. e extrato aquoso das

microalga *Scenedesmus acuminatus* na concentração de 1,5 g L⁻¹. O extrato aquoso da microalga foi obtido por meio da aplicação de água destilada a 60 °C, durante 45 minutos. Posteriormente, foi filtrado com auxílio de papel filtro e conservado a 4 °C (Anisimov & Chaikina 2014). Foi realizada a medição do potencial osmótico e do pH para verificar a influência destas variáveis nos extratos analisados sobre a germinação e crescimento radicular, a fim de garantir que os resultados observados podem ser atribuídos ao efeito bioestimulante. A determinação do potencial osmótico foi realizada com o potenciômetro WP4 modelo C - Decagon, no Laboratório de Solos do Instituto Federal do Espírito Santo, campus Santa Teresa. Para determinar o pH foi utilizado o pHmetro SB90M5 - Symphony.

As sementes de feijão BRS Estilo foram submetidas a dois tratamentos, sendo: T1 (embebição das sementes por um período de 5 horas nos extratos) e T2 (aplicações diretas dos extratos nas sementes a cada 48 horas), além do controle com água em cada tratamento. O ensaio de germinação foi conduzido em rolos de papel Germitest®, com três repetições de 25 sementes, totalizando 600 sementes. O experimento foi mantido em incubadoras B.O.D, fotoperíodo de 12 h e temperatura de 25 °C, seguindo delineamento inteiramente casualizado. A avaliação foi realizada diariamente durante 8 dias. Os parâmetros avaliados foram: porcentagem de germinação (%G): calculada pela fórmula $G = (N/A) \times 100$. Sendo N = total de sementes germinadas; A = total de sementes. Índice de velocidade de germinação (IVG): calculado pela fórmula $IVG = \sum (ni/ti)$, em que: ni = número de sementes que germinaram no tempo “i”; ti = tempo após instalação do teste (Maguire 1962). Tempo médio de germinação (TMG): calculado pela fórmula $TMG = (\sum niti) / \sum ni$, onde: ni = número de sementes germinadas por dia; ti = tempo de incubação (Labouriau 1983) e crescimento radicular. O comprimento da radícula (CR) foi determinado com auxílio de paquímetro, na região de transição entre a raiz e caule até a extremidade da raiz principal, expresso em centímetros.

A partir de uma alíquota de 1 mL do extrato (n = 3) foi realizada a extração e quantificação de proteínas solúveis e carboidratos totais presentes nos extratos com base na curva padrão de absorbância em espectrofotômetro de 750 nm e 490 nm respectivamente, em função da concentração de albumina sérica bovina (BSA) e glicose (Lowry *et al.* 1951, Dubois *et al.* 1956). Esses dados posteriormente foram transformados e comparados com as concentrações informadas no rótulo do fabricante do Acadian® Marine Plant Extract.

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação múltipla teste *post hoc* de Tukey, com nível de significância à 1%. As análises foram realizadas com o software ASSISTAT (Versão 7.6).

Resultados e Discussão

As sementes submetidas ao T2 (48 horas) obtiveram maior porcentagem de germinação em todos os extratos testados, sendo significativamente superior ao T1 (embebição) ($p < 0,01\%$). Em ambos os tratamentos o extrato de *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat promoveu maior porcentagem de germinação, os valores obtidos foram 50,6% para o T1 e 97,3% para o T2 (figura 1). Estes resultados

indicam efeito positivo dos extratos no processo germinativo, padrão que também foi encontrado no estudo de Dineshkumar *et al.* (2019) que testou sementes de milho (*Zea mays* L.) e cebola (*Allium cepa* L.) submetidas a tratamentos com extrato de *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] onde obtiveram maior rendimento em comparação a fertilizantes químicos sintéticos. Bumandalai & Tserennadmid (2019) também demonstraram que a aplicação de extratos aquosos da mesma microalga aumentou a germinação, melhorando o crescimento e rendimento do tomate (*Solanum Lycopersicum* L) e do pepino (*Cucumis sativus* L.).

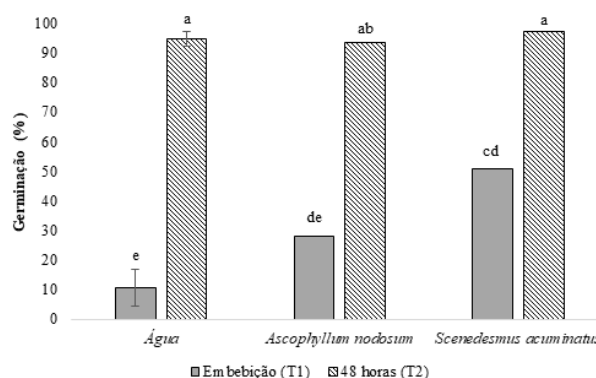


Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de feijão BRS Estilo (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas a diferentes tratamentos com extratos de algas e controle. Barras representam o desvio padrão da média.

Figure 1. Germination percentage of BRS Estilo bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) submitted to different treatments with algae extracts and control. Bars represent the standard deviation of the mean.

O maior valor de pH registrado foi de 7,99 no controle e o menor valor 6,45 no extrato de *Scenedesmus acuminatus*. Para o potencial osmótico, o maior valor encontrado foi 0 para o controle e menor valor -0,33 no extrato de *Ascophyllum nodosum* (tabela 1). A partir destes resultados, pode-se sugerir que tais parâmetros não influenciaram na germinação das sementes, uma vez que não houve redução das suas taxas de germinação e a variação dos valores foram baixos segundo estudos de Villela *et al.* (1991).

Tabela 1. Características físico-químicas dos extratos de *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat, *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. e da água.

Table 1. Physical-chemical characteristics of extracts *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat, *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. and water.

Extrato	pH	Ψs (MPa)
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	6,45	-0,31
<i>Ascophyllum nodosum</i>	6,88	-0,33
Água	7,99	0,0

O T1 influenciou diretamente a ação dos extratos testados, promovendo alterações no índice de velocidade de germinação (tabela 2), apresentando uma redução dos valores neste tratamento. Os resultados demonstram

que houve diferença significativa entre os tratamentos de aplicação dos extratos, sendo maior em T2. Garcia-González & Sommerfeld (2016) obtiveram resultados semelhantes nas sementes de tomate em resposta a extratos da microalga *Acutodesmus dimorphus*, favorecendo o aumento da velocidade de germinação, aumentando em até 63%, sugerindo que de acordo com o método de aplicação dos extratos o efeito bioestimulante tende a ser melhor.

No tratamento 2 não foi possível observar diferença significativa entre os diferentes extratos. O aumento dos parâmetros avaliados em relação ao T1 provavelmente pode ser atribuído a maior quantidade de água disponível para a semente, considerando que a aplicação dos extratos a cada 48 horas proporciona uma reidratação das sementes. A semente absorve água até o nível em que todos os processos preparatórios ocorrem (Ataíde *et al.* 2016), abrangendo três fases: fase de hidratação dos tecidos, seguida pela fase de ativação do metabolismo e digestão de reservas e, finalmente, fase de germinação, que se caracteriza inicialmente, em muitas espécies, pela protusão da raiz primária. Desta forma, a água atua como o principal estímulo, proporcionando, mediante reações químicas, o enfraquecimento do tegumento, acréscimo no volume do embrião e dos tecidos de reserva, induzindo à translocação e assimilação de nutrientes, com consequente crescimento do eixo embrionário (Guimarães *et al.* 2008). A hidratação das sementes apresenta-se como um método eficiente, capaz de propiciar aumento da porcentagem e velocidade de germinação, favorecendo o desenvolvimento das plântulas (Pinedo & Ferraz 2008).

Pode-se sugerir que o processo de embebição (T1) talvez não seja tão eficaz na promoção da germinação e crescimento, pois já foi relatado em outros trabalhos a diminuição da velocidade de germinação das sementes quando embebidas em extratos vegetais (Lorensi *et al.* 2017, Mendonça Júnior *et al.* 2019), além de considerar o tempo de imersão das sementes (Foelkel *et al.* 2015). Desta forma, o tempo de embebição pode ser um fator determinante no desempenho germinativo, considerando que Botelho & Perez (2001) observaram que o tempo em que a semente fica exposta ao extrato pode ocasionar um estresse, que por sua vez, diminui a porcentagem e a velocidade de germinação.

Isso se mostra uma desvantagem no que diz respeito a produtividade agrícola, pois predispõe a semente e a plântula uma menor resistência a condições ambientais adversas.

O T1 e T2 não afetaram significativamente o tempo médio de germinação (tabela 2), apesar do T2 obter menor tempo de germinação. Esses resultados concordam com Salma *et al.* (2014) que embora tenha detectado aumento de 5% na porcentagem de germinação, também registrou diminuição no tempo médio da germinação em 1.28 dia em resposta ao extrato de *Sargassum vulgare* em duas cultivares de feijão. Haber *et al.* (2006) também verificaram que sementes de cenoura (*Daucus carota*) não obtiveram resposta significativa no tempo de germinação quando tratadas com extrato de *Ascophyllum nodosum*. Isso ocorre provavelmente devido a interação desses parâmetros, pois segundo Oliveira *et al.* (2009) quanto menor o tempo médio de germinação, maior será o índice de velocidade de germinação e quando associados permitem inferir sobre a qualidade das sementes. Esses parâmetros dependem também da espécie em estudo e das condições experimentais ou ambientais nas quais as mesmas são submetidas. Desta forma, neste estudo pode-se afirmar que o menor tempo e a maior velocidade de germinação das sementes do tratamento 2 estão diretamente relacionados a forma de aplicação do extrato. Considerando que, a germinação rápida é característica de espécies cuja estratégia é se estabelecer o mais rápido possível ou quando oportuno, aproveitando condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do novo indivíduo (Ferreira & Borghetti 2004).

As concentrações de proteínas e carboidratos totais do extrato de *Scenedesmus acuminatus* e *Ascophyllum nodosum* foram expressas em porcentagem, e estão listadas na tabela 3. Os valores de proteínas encontradas no extrato de *S. acuminatus* podem ser relacionados ao melhor desempenho das sementes em resposta a esse extrato. Outros trabalhos também relacionaram a concentração de proteínas a respostas positivas das sementes aos extratos algais (Machado *et al.* 2017, Jannin *et al.* 2013, Mattner *et al.* 2013). Machado *et al.* (2018) sugere que a análise da concentração de proteínas pode ser uma ferramenta para seleção de espécies de algas com potencial aplicação na agricultura.

Tabela 2. Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVG), tempo médio de germinação (TMG em dias) e crescimento radicular (CR em cm) das sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Médias (n= 25) seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si, para o parâmetro avaliado em resposta aos tratamentos de aplicação dos extratos (T1 e T2), pelo teste de Tukey com significância de 1%.

Table 2. Mean values of emergence speed index - IVG, mean germination time - TMG (days) and root growth - CR (cm) of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). Means (n= 25) followed by equal letters in the column do not differ statistically from each other, for the evaluated parameter and in response to the treatments of application of extracts (T1 and T2), by the Tukey test with significance of 1%.

		Tratamento	IVG	TMG	CR
T1	Embebição	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	3,92143 ^{bc}	6,0409 ^a	8,0863 ^a
		<i>Ascophyllum nodosum</i>	2,17579 ^{cd}	3,8156 ^a	3,8833 ^b
		Água	0,74524 ^d	2,9333 ^a	1,2000 ^b
T2	48 horas	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	10,8809 ^a	2,3805 ^a	11,5333 ^a
		<i>Ascophyllum nodosum</i>	11,1388 ^a	2,1457 ^a	13,4902 ^a
		Água	10,3055 ^a	2,4245 ^a	12,3457 ^a

Tabela 3. Teor de carboidratos totais, proteínas solúveis em água nos extratos aquosos de *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat e *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol.. Valores para as concentrações utilizadas neste trabalho (n=3).

Table 3. Total carbohydrate content, water soluble proteins in the aqueous extracts of *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat and *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol.. Values for the concentrations used in this work (n=3).

Extrato	Proteínas (%)	Carboidratos (%)
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	33,93	8,29
<i>Ascophyllum nodosum</i>	4,0	6,0

A caracterização bioquímica neste trabalho é de extrema importância, considerando que, microalgas também são organismos que prestam serviços ecossistêmicos, devido a sua capacidade de retenção e imobilização de alguns compostos presentes em águas residuais, tais como amônia, nitrato, fosfato e oxigênio químico (Nayak *et al.* 2016). E essa disponibilidade de nutrientes exerce influência no crescimento, composição bioquímica e metabolismo primário das microalgas (Lourenço 2006).

Estes resultados demonstram que as microalgas apresentam um potencial de produção de moléculas bioativas, tais como proteínas e carboidratos (Derner *et al.* 2006), capazes de estimular o crescimento das plantas (Mógor *et al.* 2017) e proporcionar maior tolerância a tensões bióticas e abióticas (Ertani *et al.* 2009).

Os extratos promoveram crescimento radicular das plântulas (figura 2), houve diferença significativa apenas do extrato de *Scenedesmus acuminatus* no T1. Isso ocorreu devido ao crescimento radicular das plântulas submetidas ao extrato de *S. acuminatus* apresentarem um aumento de 29%

no comprimento total em relação as plântulas controles. Já no T2 não houve diferença significativa entre os extratos e controle. Este padrão também foi registrado no trabalho de Barone *et al.* (2017) que verificou que extratos líquidos de *Chlorella vulgaris* e *Scenedesmus quadricauda* foram capazes de induzir o desenvolvimento radicular de plantas de beterraba (*Beta vulgaris* L.). Outros estudos também atestaram efeito benéfico dos extratos de algas na estimulação do crescimento de raízes em plântulas de feijão tratadas com extrato de *Osmundaria obtusiloba* (Machado *et al.* 2018) e em tomate, tratadas com extrato de *Aphanothece* sp. e *Chlorella pyrenoidosa*, apresentando um aumento no comprimento das raízes de até 112,65% e 84,8%, respectivamente (Chanda *et al.* 2020).

O estímulo ao crescimento radicular pode ser atribuído à provável presença de auxinas nos extratos, fitohormônio responsável pelo alongamento celular e promoção do crescimento. A capacidade de produção de fitohormônios em algas verdes como *Chlorella* sp. e *Scenedesmus* sp. foi descrita em vários estudos (Tarakhovskaya *et al.* 2007, Lu & Xu 2015). *Scenedesmus* sp foi capaz de produzir diferentes concentrações de auxina, sugerindo que microalgas sejam uma fonte potencial para obtenção desse tipo de fitohormônio (Pietro *et al.* 2011). Já foi constatado anteriormente que extratos de algas aplicados em calos de soja (*Glycine max*) provocam incremento no número de raízes emitidas, de forma análoga à aplicação de ácido indolbutilírico (Foelkel *et al.* 2015). A auxina é produzida nos meristemas apicais aéreos, e exigida em baixas concentrações para o crescimento de raízes, altas concentrações inibem seu crescimento (Taiz & Zeiger 2004).

Chanda *et al.* (2019) afirma que os polissacarídeos presentes nas microalgas, são ricos em grupos funcionais com a capacidade de se ligar a alguns microelementos com importante valor nutricional das plantas, melhorando assim a disponibilidade de nutrientes das raízes. Já Mógor *et al.*



Figura 2. Plântulas resultantes dos diferentes métodos de aplicação dos extratos das algas, embebição (T1) e 48 horas (T2), respectivamente. a. controle (água); b. extrato de *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol.; c. extrato de *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat.

Figure 2. Seedlings resulting from the different methods of application of algae extracts, soaking (T1) and 48 hours (T2), respectively. a. control (water); b. extract of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol.; c. extract of *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat.

(2018) atribui o crescimento radicular a bioatividade de aminoácidos presentes na biomassa de *Arthrospira platensis* como responsável pelo aumento do crescimento das raízes de feijão mungo (*Vigna radiata*) em até 27,9% do comprimento total da raiz.

Deve-se ressaltar que, mesmo com a presença de alguns compostos bioativos, as respostas das plantas podem variar, pois dependem tanto do método (tratamento de sementes, pulverização foliar e/ou irrigação), quanto das dosagens e frequências de aplicação (Carvalho & Castro 2014).

Diante da crescente demanda por produtos e serviços, é necessário aliar desenvolvimento econômico com proteção ambiental, desenvolvendo-se novos produtos, novas alternativas de processos e técnicas eficientes na minimização e remediação da poluição, tornando assim, a atividade agrícola menos impactante ao meio ambiente (Gadd *et al.* 2008). Desta forma, a utilização de extratos derivados de algas pode ser considerada uma prática sustentável por ser de origem natural e gerar subprodutos menos nocivos ao meio ambiente.

Este trabalho reafirma a importância do uso de algas na produção agrícola, sendo consideradas promissoras no desenvolvimento de produtos bioestimulantes, especialmente para o tratamento de sementes. Desta forma, compreender os mecanismos de ação indutora na germinação de sementes é uma ferramenta útil no avanço para enfrentar os desafios da agricultura com uma demanda por alimento cada vez maior, além de mudanças climáticas.

Os resultados do presente estudo sugerem que extratos de microalgas apresentam potencial bioestimulante em sementes de feijão BRS Estilo, entretanto, deve-se considerar os métodos de aplicação. Pode-se afirmar que o feijão não obteve uma boa resposta após ser submetido ao processo de embebição, quando comparado ao processo de aplicação dos extratos a cada 48 horas, apresentando um menor desempenho germinativo. Apesar da embebição ser um método menos eficiente, as sementes deste tratamento obtiveram melhores parâmetros germinativos do que o controle água, sugerindo que mesmo em condição desfavorável há efeito benéfico dos extratos no processo germinativo.

Deve-se destacar que, a ação dos extratos utilizados pode obter diferentes respostas germinativas das sementes de acordo com a cultura agrícola testada. Pesquisas futuras são necessárias para determinar os mecanismos de ação e a composição química refinada dos extratos e sua atuação nas plantas. Desta forma definir o pacote tecnológico para desenvolvimento e aplicação de produtos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores gostariam de agradecer a Acadian Seaplants Limited, Canada, pela doação da amostra de AMPEP.

Contribuição dos autores

Nair Hildelgard Soares dos Santos: Contribuição na elaboração e no delineamento do estudo; contribuição

na coleta de dados; contribuição na análise dos dados e interpretação; contribuição na preparação do manuscrito.

Ana Clara Duarte Silveira: Contribuição na coleta de dados; contribuição na preparação do manuscrito.

Valéria de Oliveira Fernandes: Orientação, redação e revisão do manuscrito, infraestrutura laboratorial para execução do trabalho.

Levi Pompermayer Machado: Idealizador do projeto, orientação, análise dos dados, redação e revisão do manuscrito.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Literatura citada

- Anisimov, M.M. & Chaikina, E.L.** 2014. Effect of seaweed extracts on the growth of seedling roots of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seasonal changes in the activity. *International Journal of Current Research and Academic Review* 2: 19-23.
- Arioli, T., Mattner, S.W. & Winberg, P. C.** 2015. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. *Journal of Applied Phycology* 27: 2007-2015.
- Ataíde, G.M., Borges, E.E.L., Gonçalves, J.F.C., Guimarães, V.M., Flores, A.V.** 2008. Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). *Ciência Florestal* 26: 615-625.
- Barone, V., Baglieri, A., Stevanato, P., Broccanello, C., Bertoldo, G., Bertaggia, M., Cagnin, M., Pizzeghello, D., Moliterni, V.M.C., Mandolino, G., Fornasier, F., Squartini, A., Nardi, S. & Concheri, G.** 2017. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Applied Phycology* 30: 1061-1071.
- Botelho, B.A. & Perez, S.C.J.G.A.** 2001. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafistula. *Scientia Agricola* 58: 43-49.
- Bumandalai, O. & Tserenadmid, R.** 2019. Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds. *International Journal of Aquatic Biology* 7: 95-99.
- Cargnin, A. & Albrecht, J.C.** 2010. BRS Estilo: nova cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial carioca para o Distrito Federal. Comunicado Técnico-Embrapa Cerrados (nº169). 1 ed. EMBRAPA, Planaltina.
- Carvalho, M.E.A. & Castro, P.R.C.** 2014. Extratos de algas e suas aplicações na agricultura. 1 ed. ESALQ, Piracicaba.
- Chanda, M., Merghoub, N. & El Aroussi, H.** 2019. Microalgae polysaccharides: the new sustainable bioactive products for the development of plant bio-stimulants?. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 35:1-10.
- Chanda, M., Benhima, R., Elmernissi, N., Kasmi, Y., Karim, L., Sbabou, L., Youssef, Z. & El Aroussi, H.**

2020. Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of *Solanum lycopersicum* L. Scientific Reports 10:1-13.
- Costa M.A., Nogueira, C.E.C., Alves, H.J., Marra, B.M. & Alab, J.H.C.** 2014. O uso de macroalgas marinhas na agricultura. Acta Iguazu 3: 69-76.
- Craigie, J.S.** 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology 23: 371-393.
- Derner, R.B., Ohse, S., Villela, M., Carvalho, S.M. & Fett, R.** 2006. Microalgas, produtos e aplicações. Ciência Rural 36: 1959-1967.
- Dineshkumar, R., Rasheeq, A.A., Arumugam, A., Nambi, K. S. N. & Sampathkumar, P.** 2019. Marine microalgal extracts on cultivable crops as a considerable bio-fertilizer: A Review. Indian Journal of Traditional Knowledge 18: 849-854.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith, F.** 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Nature 28: 350-356.
- Du Jardin, P.** 2015. Plant Bioestimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196: 3-14.
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C. & Nardi, S.** 2009. Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172: 237-244.
- Ferreira, A.G., Borghetti, F.** 2004. Germinação: do básico ao aplicado. 1 ed. Editora Artmed, Porto Alegre.
- Foelkel, E., Mateus, M.A.F., Mógor, A.F. & Brugnara, E.C.** 2015. Bioestimulantes aplicados às sementes e folhas de mudas de maracujazeiro-amarelo. Cultura Agrônômica 24: 135-148.
- Gadd, G. M.** 2008. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment. Journal of Chemical Technology & Biotechnology 84: 13- 28.
- Garcia-González, J. & Sommerfeld, M.** 2016. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. Journal of Applied Phycology 28: 1051-1061.
- Guimarães, M.A.; Dias, D.C.F.S.; Loureiro, M.E.** 2008. Hidratação de sementes. Revista Trópica 2: 31-39.
- Haber, L.L., Moreira, G.C., Tonin, F.B., Goto, R. & Valente, M.C.** 2006. Alelopatia do extrato aquoso de *Ascophyllum nodosum* na germinação de cenoura e tomate. In: Anais do XLVI Congresso Brasileiro de Olericultura, Goiânia, pp. 2461-2464.
- Hong, D. D., Hien, H.M. & Filho, P. N.** 2007. Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. Journal of Applied Phycology 19: 817-826.
- Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laîné, P., Goux, D., Garnica, M., Fuentes, M., San Francisco, S., Baigorri, R., Cruz, F., Houdusse, F., Garcia-Mina, J.M., Yvin, J.C. & Ourry, A.** 2013. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterisation of N, C, and S metabolisms. Journal of Plant Growth Regulation 32: 31-52.
- Labouriau, L.G.** 1983. A germinação das sementes. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Série de Biologia. Monografia 24.
- Lourenço, S.O.** 2006. Cultivo de microalgas marinhas - Princípios e aplicações. 1 ed. Editora Rima, São Carlos.
- Lorensi, C.A., Passamani, B.R., Ponce, M.M. & Ethur, L.Z.** 2017. Alelopatia de extratos vegetais na germinação e crescimento inicial do tomateiro. Enciclopédia Biosfera 14: 185-195.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. & Randall, R.J.** 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry 193: 265-275.
- Lu, Y., Xu, J.** 2015. Phytohormones in microalgae: a new opportunity for microalgal biotechnology? Trends in Plant Science 20: 273-282.
- Machado, A.R., Graça, C.S., Assis, L.M. & Souza-Soares, L.A.** 2017. Uma abordagem sobre caracterização e avaliação do potencial antioxidante de extratos fenólicos de microalgas *Spirulina* sp. LEB-18 e *Chlorella pyrenoidosa*. Revista de Ciências Agrárias 40: 264-278.
- Machado, L.P., Santos, N.H.S., Bastos, K.V. & Costa, D.M.** 2018. Biostimulant effect of seaweed extracts applied on beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultura Agrônômica 27: 101-110.
- Maguire, J.D.** 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176-177.
- Mattner, S.W., Wite, D., Riches, D.A., Porter, I.J. & Arioli, T.** 2013. The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia. Biological Agriculture e Horticulture 29: 258-270.
- MAPA.** 2008. Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasília.
- Mendonça Júnior, A.F., Rodrigues, A.P.M.S., Sales Júnior, R., Negreiros, A.M.P., Bettini, M.O., Freitas, C.D.M., França, K.R.S. & Gomes, T.R.R.** 2019. Seaweed extract *Ascophyllum nodosum* (L.) on the growth of watermelon plants. Journal of Experimental Agriculture International 31: 1-12.
- Mógor, A.F., Amatussi, J.O., Mógor, G., & Lara, G.B.** 2018. Bioactivity of cyanobacterial biomass related to amino acids induces growth and metabolic changes on seedlings and yield gains of organic red beet. American Journal of Plant Sciences 9: 966-978.
- Mógor, A.F., Ördög, V., Lima, G.P.P., Molnár, Z. & Mógor, G.** 2017. Biostimulant properties of cyanobacterial hydrolysate related to polyamines. Journal of Applied Phycology 30: 453-460.
- Navarro-López, E., Ruíz-Nieto, A., Ferreira, A., Ación, F.G. & Gouveia, L.** 2020. Biostimulant Potential of *Scenedesmus obliquus* Grown in Brewery Wastewater. Molecules 25: 1-16.

- Nayak, M., Karemore, A. & Sen, R.** 2016. Performance evaluation of microalgae for concomitant wastewater bioremediation, CO₂ biofixation and lipid biosynthesis for biodiesel application. *Algal Research* 16: 216-223.
- Oliveira, A.C.S., Martins, G.N., Silva, R.F. & Vieira, H.D.** 2009. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. *Revista Científica Internacional* 2: 1-21.
- Pietro, R.E., Cordoba, N.M., Montenegro, A.M. & González-Mariño, G.E.** 2011. Production of Indole-3-Acetic Acid in the culture medium of microalga *Scenedesmus obliquus* (UTEX 393). *Journal of the Brazilian Chemical Society* 22: 2355-2361.
- Pinedo, G.J.V., Ferraz, I.D.K.** 2008. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Benth ex Walp]: sementes com dormência física de árvore da Amazônia. *Revista Árvore* 32: 39-49.
- Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.P., Zodape, S.T. & Patolia, J.S.** 2009. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany* 75: 351-355.
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E. & Tava, A.** 2019. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy* 9: 1-22.
- Salma, L., Aymen, E.M., Maher, S., Hassen, A., Chérif, H., Halima, C., Mounir, M. & Mimoun, E.** 2014. Effect of seaweed extract of *Sargassum vulgare* on germination behavior of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) under salt stress. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 7: 116-120.
- Schmitz, R., Dal Magro, C. & Colla, L.M.** 2012. Aplicações ambientais de microalgas. *Revista CIATEC - UPF* 4: 48-60.
- Silva, O.F., Wander, A.E.** 2013. O feijão comum no Brasil: passado, presente e futuro. Comunicado Técnico Embrapa Arroz e Feijão (nº287). 1 ed. Embrapa, Santo Antônio de Goiás.
- Silva, O.F.; Wander, A.E.** 2015. Viabilidade econômica da cultivar de feijão comum BRS Estilo. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional* 3: 223-242.
- Souza T.L.P.O., Pereira, H.S., Faria, L.C., Wendland, A., Costa, J.G.C., Abreu, A.F.B., Dias, J.L.C., Magaldi, M.C.S., Souza, N.P., Del Peloso, M.J. & Melo, L.C.** 2013. Cultivares de feijão comum da Embrapa e parceiros disponíveis para 2013. Comunicado Técnico Embrapa Arroz e Feijão (nº211). 1 ed. EMBRAPA, Santo Antônio de Goiás.
- Taiz, L. & Zeiger, E.** 2004. *Fisiologia vegetal*. 3 ed. Editora Artmed, São Paulo.
- Tarakhovskaya, E.R.; Maslov, Y.I., Shishova, M.F.** 2007. Phytohormones in Algae. *Russian Journal of Plant Physiology* 54: 163-170.
- Villela F.A.; Doni Filho L.; Sequeira E.L.** 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 26: 1957-1968.
- Yakhin, O.I.; Lubyantsev, A.A.; Yakhin, I.A.; Brown, P.H.** 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers Plant Science* 7: 1-32.
- Xu, B. & Chang, S.K.C.** 2011. Reduction of antiproliferative capacities, cell-based antioxidant capacities and phytochemical contents of common beans and soybeans upon thermal processing. *Food Chemistry* 129: 974-981.

Recebido: 27.08.2020

Aceito: 06.01.2021

Editor Associado: Cláudio José Barbedo

