

Efeito de bioestimulante a base de algas na germinação de soja sob déficit hídrico induzido por polietilenoglicol

Paula Danieli Pieniz^{1*}; Thaísa Capato Lima¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}pauladanieli10@hotmail.com

Resumo: A soja (*Glycine max* L. Merr.) é uma das principais culturas do agronegócio mundial e tem grande destaque na produção brasileira. Entretanto, sua produtividade pode ser afetada por estresses abióticos, como o déficit hídrico, o que reforça a busca por alternativas que auxiliem no desenvolvimento inicial das plantas. Entre essas alternativas, os bioestimulantes à base de extrato de algas têm ganhado atenção por favorecerem a germinação e o vigor das plântulas. Diante disso, este trabalho busca avaliar em condições laboratoriais, como o bioestimulante influencia a germinação de sementes de soja submetidas ao déficit hídrico, utilizando polietilenoglicol como agente indutor desse estresse. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 , composto por duas condições de disponibilidade hídrica (com e sem déficit hídrico) e quatro doses de bioestimulante (0, 3, 6 e 9 mL kg⁻¹). Foram utilizadas sementes da cultivar BMX Titanium, germinadas em rolos de papel germitest com vermiculita umedecida e dispostas em B.O.D. a 25 °C por sete dias. As variáveis avaliadas incluíram porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz, massa fresca e massa seca das plântulas. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, análise de variância e, quando significativo, ao teste de Tukey e à análise de regressão. Conclui-se que o bioestimulante favoreceu o crescimento inicial da soja, enquanto o déficit hídrico reduziu o acúmulo de biomassa das plântulas.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Ascophyllum nodosum*; *Durvillaea potarorum*;

Effect of algae-based biostimulant on soybean germination under water deficit induced by polyethylene glycol.

Abstract: Soybean (*Glycine max* L. Merr.) is one of the main crops in the global agribusiness and is highly prominent in Brazilian production. However, its productivity can be affected by abiotic stresses, such as water deficit, which reinforces the search for alternatives that aid in the initial development of plants. Among these alternatives, biostimulants based on seaweed extract have gained attention for favoring germination and seedling vigor. Therefore, this work aims to evaluate, under laboratory conditions, how the biostimulant influences the germination of soybean seeds subjected to water deficit, using polyethylene glycol as an inducing agent for this stress. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 2×4 factorial scheme, composed of two water availability conditions (with and without water deficit) and four doses of biostimulant (0, 3, 6 and 9 mL kg⁻¹). Seeds of the BMX Titanium cultivar were used, germinated in rolls of germitest paper with moistened vermiculite and placed in a BOD incubator at 25 °C for seven days. The variables evaluated included germination percentage, shoot and root length, fresh mass, and dry mass of the seedlings. The data were subjected to the Shapiro-Wilk normality test, analysis of variance, and, when significant, to Tukey's test and regression analysis. It is concluded that the biostimulant favored the initial growth of soybeans, while water deficit reduced the accumulation of seedling biomass.

Keywords: *Glycine max*; *Ascophyllum nodosum*; *Durvillaea potarorum*;

Introdução

A soja (*Glycine max* L. Merr.) se consolida como uma *commodity* agrícola de relevância global, com sua produção mundial atingindo 420,78 milhões de toneladas em uma área plantada de 146,71 milhões de hectares. O Brasil se destaca contribuindo significativamente para esses números com uma produção estimada em 177.601,6 milhões de toneladas em 49.063 mil hectares cultivados, alcançando uma produtividade de 3.620 kg ha⁻¹ (CONAB, 2025).

Por ser uma das culturas de maior importância econômica no Brasil, a soja exige pesquisas constantes que ajudem a aperfeiçoar o manejo e a reduzir riscos de perdas, principalmente diante de condições climáticas adversas, como o déficit hídrico (Texeira *et al.*, 2008). Além disso, com as mudanças climáticas e a necessidade crescente de produzir alimentos, estudar essa cultura se torna ainda mais relevante. Investir em pesquisa sobre a soja é fundamental para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas no futuro (Frezato, *et al.*, 2021)

Dentre os fatores que podem afetar esta cultura, destaca-se a água visto que a falta pode comprometer a produtividade da soja em qualquer fase do seu desenvolvimento, o que destaca a importância de um manejo hídrico eficiente (Federizzi e Lima, 2025). Dentro desse contexto, cresce o interesse pelo uso de condicionadores de solo e bioestimulantes na produção de grãos. O extrato de algas, por exemplo, tem mostrado potencial para melhorar as respostas das plantas ao estresse, favorecendo o desempenho fisiológico e bioquímico e contribuindo para maior germinação, crescimento radicular e acúmulo de massa seca em plântulas (Melo *et al.*, 2021).

O tratamento de sementes com bioestimulantes é uma prática relevante porque auxilia na qualidade fisiológica, na germinação e no vigor das plântulas. Além disso, os produtos à base de macroalgas se alinham aos objetivos do desenvolvimento sustentável, já que são bioinsumos e favorecem a bioeconomia (Silva *et al.*, 2024).

Entre as algas utilizadas na agricultura, uma das mais conhecidas é a *Ascophyllum nodosum*, cujos extratos são ricos em hormônios vegetais como auxinas, citocininas e giberelinas, favorecendo o crescimento das plantas (Gehling *et al.*, 2017). Outra espécie com propriedades bioestimulantes é a *Durvillaea potatorum*, que também fornece citocininas e nutrientes minerais (Stirk *et al.*, 2020).

As citocininas, especialmente quando atuam em conjunto com as auxinas, estimulam a divisão celular. Quando usadas no tratamento de sementes, podem melhorar o estabelecimento inicial das plantas e até aumentar o potencial produtivo. Durante a germinação, esses hormônios podem influenciar a permeabilidade das membranas celulares, facilitando o desenvolvimento inicial (Taiz *et al.*, 2017). No entanto, apesar dos resultados promissores, ainda existem poucos

estudos sobre os efeitos desses extratos na germinação de sementes, mostrando que o tema precisa ser mais explorado.

Diante disso, este trabalho busca avaliar em condições laboratoriais, como o bioestimulante influencia a germinação de sementes de soja submetidas ao déficit hídrico, utilizando polietilenoglicol como agente indutor desse estresse.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no mês de novembro de 2025, no Laboratório de Germinação de Sementes do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), em Cascavel - PR, utilizando sementes de soja da variedade BMX Titanium.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×4 , sendo consideradas duas condições, com e sem déficit hídrico e quatro doses do bioestimulante à base de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* e *Durvillaea potatorum*, totalizando quatro tratamentos (0, 3, 6 e 9 mL kg⁻¹ de sementes). Cada tratamento contou com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes distribuídas entre folhas de papel germitest e vermiculita, utilizando a metodologia de rolo de papel + vermiculita proposta por Carvalho *et al.*, (2024) para sementes tratadas. A vermiculita foi umedecida com água destilada na proporção de 1 mL por grama e o papel germitest na proporção de 3 mL por grama. Para o preparo dos rolos, foram dispostas duas folhas de papel previamente umedecidas, seguidas de 100 mL de vermiculita hidratada. As 50 sementes foram posicionadas com auxílio de um contador e cobertas com uma terceira folha de papel, formando os rolos, que foram fechados e identificados conforme os tratamentos e repetição.

O déficit hídrico foi simulado umedecendo tanto o papel quanto a vermiculita com solução de polietilenoglicol (PEG 400), preparada pela diluição de 20 mL do produto em 1 litro de água. Após o preparo, os rolos foram colocados em B.O.D. regulada a 25 °C por sete dias para germinação. Ao final desse período, foi contabilizado o número de sementes não germinadas, permitindo calcular a porcentagem de germinação.

De cada unidade experimental foram coletadas aleatoriamente cinco plântulas normais para avaliação do comprimento da parte aérea e do sistema radicular, utilizando um paquímetro digital. Em seguida, a massa fresca da parte aérea e das raízes foi obtida com o auxílio de uma balança analítica. O material foi posteriormente acondicionado em sacos de papel previamente identificados com tratamento e repetição e levado à estufa de circulação de ar forçado a 60 °C por 72 horas, para posterior determinação da massa de matéria seca.

Por fim, os dados coletados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e submetidos à análise de variância (ANOVA). Para os tratamentos qualitativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e para os tratamentos quantitativos foi realizada a análise de regressão. Todas as análises foram conduzidas no software SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e discussão

A porcentagem de germinação das sementes de soja não foi influenciada pelo déficit hídrico, pelas doses do bioestimulante aplicadas no tratamento de sementes ou pela interação entre esses fatores (Tabela 1).

Tabela 1 - Porcentagem de germinação (%G), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) obtidas a partir de plântulas soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Fonte de variação	G.L.	Probabilidade (p-valor)		
		%G	CPA (mm)	CR (mm)
Déficit hídrico	1	0,4184 ^{ns}	0,0001*	0,7659 ^{ns}
Doses	3	0,3351 ^{ns}	0,3582 ^{ns}	0,6897 ^{ns}
Def. hídrico x Doses	3	0,4361 ^{ns}	0,5173 ^{ns}	0,8864 ^{ns}
Erro	24			
Total	31			
Média geral		99,6	74,5	95,7
C.V. (%)		1,25	3,53	21,5
Shapiro-wilk		0,0001	0,1186	0,3627

G.L.: Grau de liberdade; C.V.; coeficiente de variação; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F.

A germinação apresentou média geral de 99,6%, acompanhada de um coeficiente de variação baixo (1,25%) evidenciando elevada uniformidade entre as repetições e sugerindo que, mesmo sob condição de estresse hídrico, as sementes mantiveram sua capacidade germinativa (Tabela 1).

A porcentagem de germinação das sementes manteve-se elevada em todos os tratamentos, variando entre 99,4% e 99,8%, tanto nas condições sem déficit hídrico quanto sob déficit (Tabela 2). Essa estabilidade demonstra que a fase de germinação não foi sensível ao estresse hídrico e também não respondeu às diferentes doses de bioestimulante aplicadas. A média geral de %G foi praticamente idêntica para sem déficit (99,5%) e com déficit hídrico (99,7%),

confirmando a ausência de efeito significativo do déficit hídrico ou das doses sobre essa variável.

Bioestimulantes à base de extratos de algas frequentemente não alteram a germinação de sementes viáveis, mas influenciam parâmetros posteriores relacionados ao vigor (Stormowski *et al.*, 2024). Resultado diferente foi observado por Gehling *et al.*, (2017), os autores observaram que a aplicação de bioestimulante a base de algas aumentou a porcentagem de germinação da soja.

Tabela 2 – Médias de porcentagem de germinação (%G), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) obtidas a partir de plântulas soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Doses (ml kg ⁻¹)	%G			CPA (mm)			CR (mm)		
	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias
0	99,5	99,4	99,4	102,1	55,7	78,9	97,8	85,8	91,8
3	99,5	99,8	99,6	88,2	54,3	71,3	97,9	97,3	97,6
6	99,7	99,9	99,8	87,1	55,0	71,0	89,7	93,1	91,4
9	99,5	99,8	99,6	93,3	60,7	77,0	102,0	102,4	102,2
Médias	99,5	99,7	-	92,7 A	56,4 B	-	96,8	94,6	-

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Para o comprimento da parte aérea, observou-se efeito significativo apenas do déficit hídrico, indicando que a restrição de água reduziu o crescimento inicial das plântulas, o mesmo foi evidenciado no trabalho de Mendes *et al.*, (2019) que testou sobre efeito de bioestimulante no desenvolvimento inicial de soja sob deficiência hídrica com plântulas germinadas. Silva *et al.* (2024) destacam a forte sensibilidade da parte aérea ao estresse hídrico devido à redução na expansão celular e à limitação do metabolismo fotossintético em condições de baixa disponibilidade hídrica.

Nem as doses do bioestimulante nem a interação entre os fatores apresentaram efeito significativo para comprimento de parte aérea (Tabela 1). As plântulas cultivadas sem déficit hídrico apresentaram maior desenvolvimento da parte aérea (média de 92,7 mm) em comparação com aquelas submetidas ao déficit (média de 56,4 mm) (Tabela 2). Esse comportamento evidencia que o estresse hídrico afetou diretamente o crescimento inicial da parte aérea. Por outro lado, as diferentes doses do bioestimulante não promoveram alterações expressivas no crescimento, uma vez que, dentro de cada dose, os valores médios sem déficit

hídrico e com déficit hídrico foram consistentes e não apresentaram padrão de incremento ou redução que sugerisse efeito das doses, como pode ser observado na tabela 2.

O comprimento de raiz, por sua vez, não foi influenciado pelo déficit hídrico, pelas doses do bioestimulante ou pela interação entre esses fatores (Tabela 1). As médias variaram entre 91,4 e 102,2 cm, mantendo-se relativamente próximas. Embora o sistema radicular costume apresentar maior variabilidade natural entre plântulas, os valores médios obtidos não indicaram nenhum efeito associado ao déficit hídrico ou às doses do bioestimulante. O emprego de reguladores vegetais para promover resistência ao estresse hídrico ainda é reduzido, e seus efeitos permanecem controversos (Albrecht *et al.*, 2012). Para algumas variedades, o sistema radicular é menos sensível ao estresse hídrico inicial, priorizando o crescimento mesmo sob condições adversas para garantir sobrevivência (Silva *et al.*, 2024).

A massa fresca de parte aérea apresentou diferença significativa entre as condições com e sem déficit hídrico, indicando que o estresse hídrico reduziu de forma expressiva o acúmulo de biomassa na porção aérea das plântulas. Esses resultados se assemelham a Mendes *et al.*, (2019) que relatou que a condição de déficit hídrico também resultou em efeito estatisticamente significativo na matéria fresca da parte aérea (MFPA) (Tabela 3).

Tabela 3 - Massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca total (MFT) obtidas a partir de plântulas soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Fonte de variação	G.L.	Probabilidade (p-valor)		
		MFPA (g)	MFR (g)	MFT (g)
Déficit hídrico	1	0,0001*	0,0001*	0,0001*
Doses	3	0,0101*	0,0103*	0,0047*
Def. hídrico x Doses	3	0,4827 ^{ns}	0,1003 ^{ns}	0,3420 ^{ns}
Erro	24			
Total	31			
Média geral		0,8539	0,2441	1,0980
C.V. (%)		1,80	11,07	1,87
Shapiro-wilk		0,0059	0,0799	0,0036

G.L.: Grau de liberdade; C.V.; coeficiente de variação; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F

Da mesma forma, a massa fresca de raiz e a massa fresca total também foram significativamente afetadas pelo déficit. Por outro lado, Melo *et al.*, (2021) relataram que não houve efeito das doses do bioestimulante no comprimento e massa seca de raiz em plântulas de soja cultivadas em laboratório.

Esse comportamento é coerente com a fisiologia das plantas uma vez que a restrição hídrica reduz a expansão celular, limita o transporte de assimilados e diminui as taxas metabólicas responsáveis pela produção de biomassa (Taiz *et al.*, 2017).

A massa fresca de parte aérea (MFPA) apresentou diferenças entre as condições de disponibilidade hídrica. As plântulas cultivadas sem déficit hídrico apresentaram valores superiores, com média geral de 0,9886 g, enquanto aquelas submetidas ao déficit apresentaram média de 0,7192 g (Tabela 4). A redução também se mantém evidente dentro de cada dose do bioestimulante, já que em todos os níveis testados os valores observados em sem déficit. são superiores aos obtidos sob com déficit.

Tabela 4 – Médias de massa fresca de parte aérea (M.F.P.A.), massa fresca de raiz (M.F.R.) e massa fresca total (M.F.T.) obtidas a partir de plântulas soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Doses (ml kg ⁻¹)	MFPA (g)			MFR (g)			MFT (g)		
	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias
0	0,92	0,69	0,80	0,23	0,20	0,21	1,15	0,89	1,02
2	0,96	0,71	0,83	0,31	0,21	0,26	1,27	0,92	1,10
4	1,04	0,73	0,88	0,26	0,20	0,23	1,31	0,94	1,12
6	1,01	0,74	0,87	0,28	0,22	0,25	1,30	0,96	1,13
Médias	0,98 A	0,71 B	-	0,27 A	0,21 B	-	1,26 A	0,93 B	-

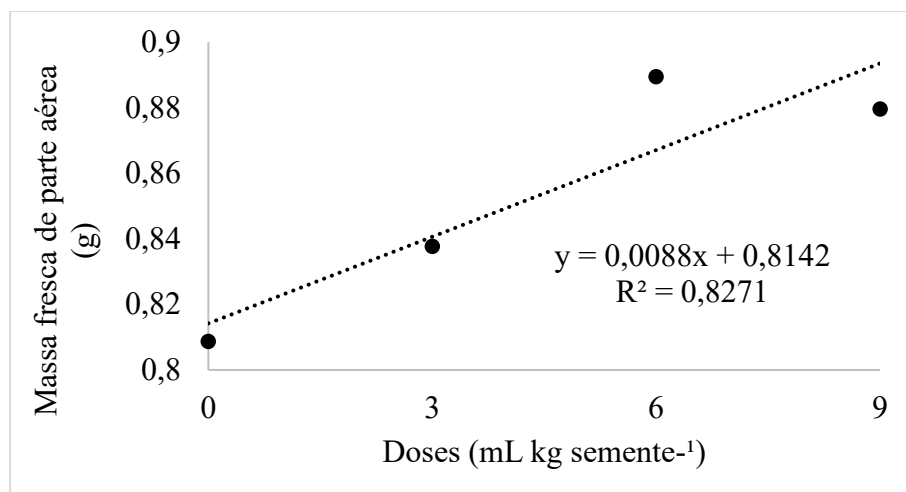
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Para a massa fresca de raiz (MFR), observou-se o mesmo padrão sendo que as plântulas cultivadas sem déficit apresentaram maior acúmulo de biomassa radicular (0,2752 g) em comparação com aquelas sob déficit (0,2130 g). A massa fresca total (MFT), por sua vez, acompanhou o comportamento das porções aérea e radicular, com médias de 1,2638 g para sem déficit e 0,9322 g para com déficit, demonstrando que o déficit hídrico impactou o crescimento geral das plântulas (Tabela 4).

Além do efeito do déficit hídrico, as doses do bioestimulante apresentaram efeito significativo sobre todas as variáveis de massa fresca (Tabela 3). Isso indica que o bioestimulante influenciou o acúmulo de biomassa independentemente da condição hídrica. A ausência de interação entre déficit hídrico e doses revela que as respostas das doses foram consistentes tanto na presença quanto na ausência de estresse hídrico, ou seja, o padrão de resposta às doses não dependeu do ambiente hídrico (Tabela 3).

Para a massa fresca de parte aérea (MFPA), observou-se um incremento linear em função das doses de bioestimulantes aplicadas às sementes (Figura 1). Isso demonstra que, mesmo na fase inicial de crescimento, o bioestimulante exerceu efeito estimulador consistente sobre a porção aérea, resultando em plântulas mais vigorosas à medida que a dose aumentou.

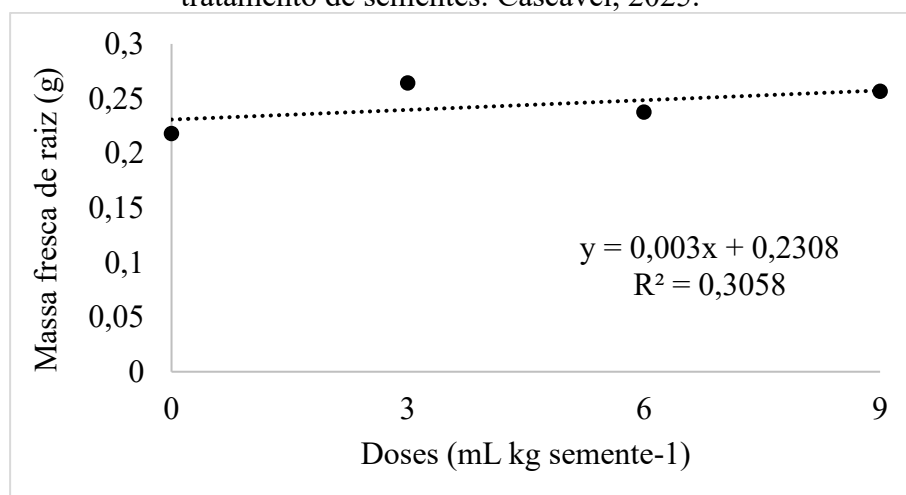
Figura 1 – Massa fresca de parte aérea de plântulas de soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: os autores, (2025).

Para a massa fresca de raiz (MFR), a relação com as doses do bioestimulante também foi positiva, porém menos evidente, a tendência crescente indica que o bioestimulante contribuiu para um incremento na produção de massa fresca de raiz, embora com menos que na parte aérea (Figura 2).

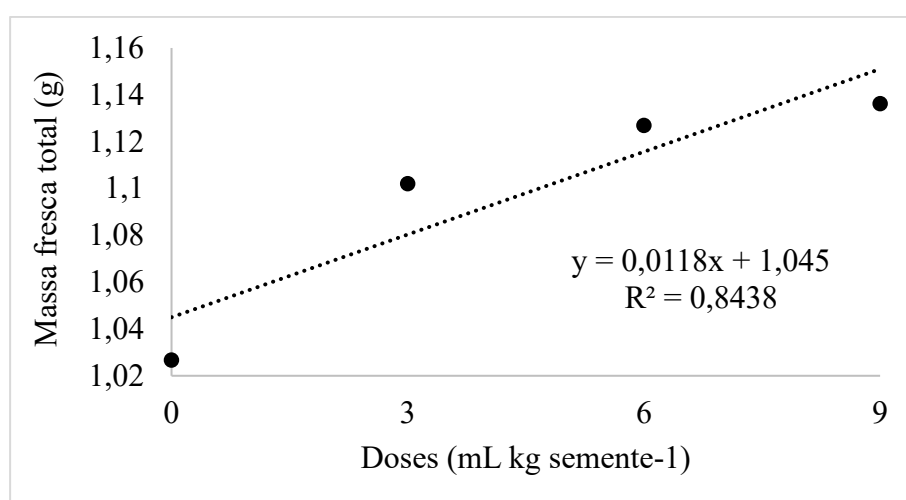
Figura 2 – Massa fresca de parte aérea de plântulas de soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: os autores, (2025).

A massa fresca total (MFT), resultado da soma das massas de parte aérea e raiz, também apresentou resposta linear positiva em função das doses, indicando que o efeito acumulado do bioestimulante sobre o crescimento geral das plântulas foi maior, e que o aumento da dose resultou em maior acúmulo de biomassa total (Figura 3). O padrão observado sugere que a combinação dos incrementos na parte aérea e na raiz reforça o efeito positivo do bioestimulante sobre o desenvolvimento inicial da soja.

Figura 3 – Massa fresca de parte aérea de plântulas de soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: os autores, (2025).

O aumento de biomassa fresca em plântulas tratadas com extratos de algas pode ser atribuído ao aumento da atividade fotossintética, à maior turgescência celular e à mobilização eficiente de reservas. Os bioestimulantes tendem a melhorar o estado hídrico dos tecidos, reduzindo danos causados pelo polietilenoglicol ou por estresse osmótico, justificando os resultados positivos observados para raízes e parte aérea neste trabalho (Stormowski *et al.*, 2024).

A análise de variância revelou que a massa seca de parte aérea e a massa seca total foram significativamente afetadas pelo déficit hídrico. Por outro lado, a massa seca de raiz não apresentou diferença significativa entre as condições hídricas (Tabela 5).

Tabela 5 – Análise de variância de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) obtidas a partir de plântulas soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

Fonte de variação	G.L.	Probabilidade (p-valor)		
		MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
Déficit hídrico	1	0,0061*	0,9316 ^{ns}	0,0092*
Doses	3	0,0385*	0,6005 ^{ns}	0,0790*
Def. hídrico x Doses	3	0,9384 ^{ns}	0,6088 ^{ns}	0,6677 ^{ns}
Erro	24			
Total	31			
Média geral		0,1874	0,0286	0,2160
C.V. (%)		6,70	8,25	7,14
Shapiro-wilk		0,2469	0,0394	0,7204

G.L.: Grau de liberdade; C.V.: coeficiente de variação; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste-F

A análise de variância também evidenciou efeito significativo das doses do bioestimulante sobre a massa seca de parte aérea e massa seca total, enquanto não houve efeito sobre a massa seca de raiz. Além disso, a interação entre déficit hídrico e doses não foi significativa para nenhuma das variáveis, o que indica que as respostas das doses ocorreram de forma paralela nas duas condições hídricas (Tabela 5).

A massa seca de parte aérea foi superior na condição sem déficit hídrico (0,1941 g) quando comparada às plântulas sob déficit (0,1807 g), evidenciando redução neste parâmetro pela limitação hídrica. Esse comportamento se repetiu na massa seca total, com médias de 0,2238 g para sem déficit e 0,2083 g para com déficit, confirmando que o déficit reduziu o acúmulo global de biomassa.

Tabela 6 – Médias de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) obtidas a partir de plântulas soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

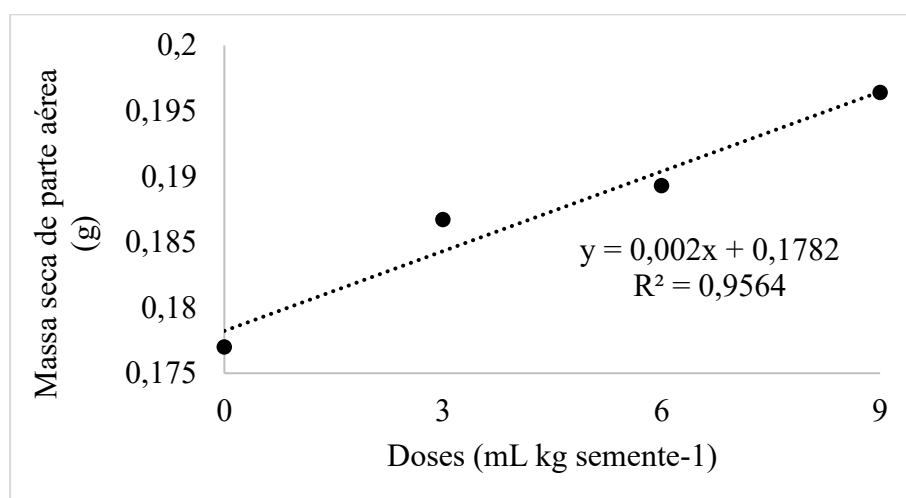
Doses (ml kg ⁻¹)	MSPA (g)			MSR (g)			MST (g)		
	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias	S.D.	C.D.	Médias
0	0,18	0,17	0,17	0,03	0,02	0,02	0,21	0,19	0,20
2	0,19	0,17	0,18	0,03	0,02	0,03	0,22	0,20	0,21
4	0,19	0,18	0,18	0,02	0,02	0,02	0,21	0,21	0,21
6	0,20	0,18	0,19	0,02	0,02	0,02	0,23	0,21	0,22
Médias	0,19A	0,18B	-	0,02	0,02	-	0,22A	0,20B	-

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Esses resultados são coerentes com os achados de Silva *et al.* (2023), que destacam a redução da massa seca como um marcador típico de estresse hídrico devido à diminuição das taxas metabólicas, à menor assimilação de carbono e ao impacto sobre a expansão celular.

Para a massa seca de parte aérea, o modelo linear ajustado revelou incremento progressivo da biomassa em função das doses aplicadas, indicando que o bioestimulante exerceu efeito estimulador contínuo sobre o crescimento da parte aérea (Figura 4).

Figura 4 – Massa seca de parte aérea de plântulas de soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.

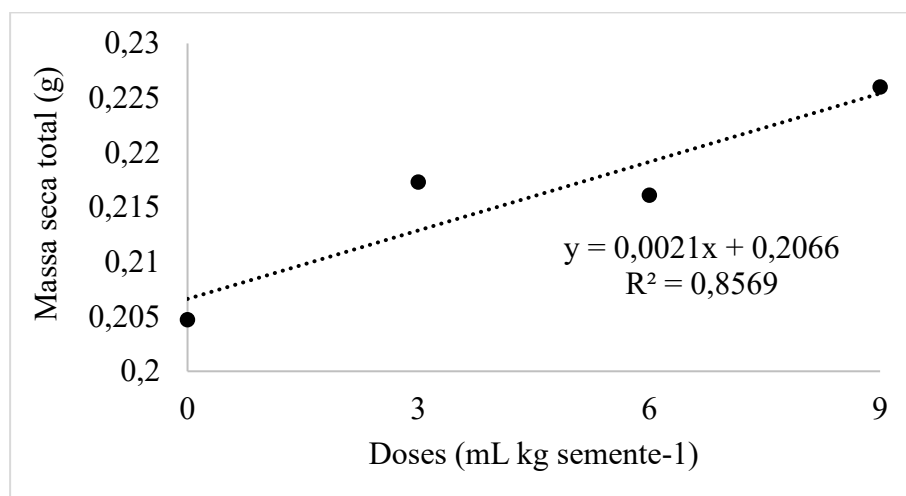


Fonte: os autores, (2025).

De maneira semelhante, a massa seca total também apresentou tendência linear crescente nas doses avaliadas, sugerindo que parte aérea e raiz contribuíram conjuntamente para o aumento da biomassa acumulada conforme a dose do bioestimulante foi elevada (Figura 5).

Os extratos de algas estimulam vias bioquímicas responsáveis pela produção de compostos estruturais, aumentam a atividade fotossintética, expandem a área foliar e elevam a eficiência fisiológica das plântulas, resultando em maior acúmulo de biomassa total (Gehling *et al.*, 2017).

Figura 5 – Massa seca total de plântulas de soja (*Glycine max*) submetidas a presença e ausência de déficit hídrico e aplicação de doses de bioestimulante no tratamento de sementes. Cascavel, 2025.



Fonte: os autores, (2025).

De maneira geral, os resultados mostraram que o déficit hídrico prejudicou o desenvolvimento inicial da soja principalmente na parte aérea e no acúmulo de biomassa, enquanto as doses do bioestimulante ajudaram as plântulas a crescerem mais, especialmente em massa fresca e seca. Mesmo sem alterar a germinação ou o comprimento das raízes, o extrato de algas contribuiu para melhorar o vigor das plantas, o que ficou evidente nas análises de massa e nas regressões. Assim, fica claro que o bioestimulante tem potencial para estimular o crescimento da soja, inclusive em condições de menor disponibilidade de água.

Conclusão

O déficit hídrico reduziu a produção de biomassa da soja, enquanto a germinação permaneceu estável. As doses do bioestimulante aumentaram de forma consistente a massa fresca de parte aérea, raiz e total e massa seca da parte aérea e total, sem interação com o déficit hídrico. Assim, o bioestimulante melhora o desenvolvimento inicial da soja, mas não elimina os efeitos negativos da restrição de água.

Referências

- ALBRECHT, L. P. et al. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 774-782, 2012
- CARVALHO, E.V.; REIS, V.U.V.; CARVALHO, M.L.M.; ROCHA, D.K.; CAETANO, C.C.; FERNANDES, N.F. Validation of the methodology of the germination test using a rolled paper plus vermiculite for treated soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 46, e202446020, 2024.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 13, n. 2 – safra 2025/26. 2025.

FEDERIZZI, V.; LIMA, T.C.; **Bioestimulante na germinação de sementes de feijão submetidas à déficit hídrico**. Cultivando o saber, Edição especial, p. 36-50. 2025.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciências Agrotécnicas**, v. 35, n. 6, p. 1039, 1042, 2011.

FREZATO, P.; BRAGA, A.A.O.; SORACE, M.A.F.; COSSA, C.A.; PIRES, C.E.M.; MACHADO, V.J.J.; LHAMAS, L.S.; OSIPI, E.A.F. Ação de bioestimulantes e nutrientes via tratamento de sementes na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Glycine max* L. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.2, p.18674 – 18679. 2021.

GEHLING, V.M.; MAZON, A.S.; CAVALCANTE, J.A.; CORRÊA, C.D.; MENDONÇA, A.O.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Desempenho fisiológico de sementes de soja tratadas com extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.). **Revista da 14ª Jornada de Pós-graduação e pesquisa – CONGREGA**. 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjpgp/article/view/872> Acesso em: 26 nov. 2025.

MELO, G.B.; SILVA, A.G.; PERIN, A.; BRAZ, G.B.P.; ANDRADE, C.L.L. Tratamento de sementes com doses do bioestimulante à base de algas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 1418 – 1431. 2021.

MENDES, C.R.L.G. (2019). **Efeito de bioestimulantes no desenvolvimento inicial de soja sob deficiência hídrica**.

SILVA, A.V.; ANDRADE, C.L.L.; CABRAL FILHO, F.R.; TEIXEIRA, M.B.T.; FERREIRA, T.M.; VENTURA, M.V.A. **Brazilian Journal of Science**, v.2, n.1, p.72-81, 2023.

SILVA, T.C.; LOPES, L.L.; RODRIGUES, D.M.P.; BARBOSA, R.T.; AGUILERA, J.G.; STEINER, F. Desempenho agrônomo da soja em resposta ao tratamento da semente com bioestimulantes. **Trends in Agricultural and Environmental Sciences**. v. 2, p. 1 – 9. 2024.

STIRK, W.A.; RENGASAMY, K.R.R.; KULKARNI, M.G.; STADEN, J.V. **Plant Biostimulants from seaweed**. In: XUM L.; GEELLEN, D. The chemical biology of plant biostimulant. Wiley, Hoboken, N.J. 2020.

STORMOWSKI, J.; BALDONI, D.B.; DRESCHER, M.S.; SILVA, D.M.; BOHRER, R.A.G.; SOUZA, E.L. Efeitos da aplicação de bioestimulante à base de extrato de alga *Ascophyllum nodosum* na cultura da soja, **Revista Observatorio de la Economía Latino Americana**, v.22, n.4, p. 01-17, 2024.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª edição. Artmed, Porto Alegre, 2017. 888p.

TEXEIRA, L.R.; BRACCINI, A.L.; SPERANDIO, D.; SCAPIN, C.A.; SCHUSTER, I.; VIGANÓ, J. Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietilenoglicol. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n.2, p. 217-223, 2008.